BIJDRAGE

TOT DE KENNIS VAN HET

NORMALE ELECTROCARDIOGRAM VAN DEN MENSCH

DOOR

K. DE LINT

LEIDEN 1896

LANE

MEDICAL LIBRARY

Gift of

Mr. William Wreden

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF.

BIJDRAGE TOT DE KENNIS VAN HET NORMALE ELECTROCARDIOGRAM VAN DEN MENSCH.

BIJDRAGE

TOT DE KENNIS VAN HET

NORMALE ELECTROCARDIOGRAM VAN DEN MENSCH.

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN

DOCTOR IN DE GENEESKUNDE

AAN DE RIJKS-UNIVERSITEIT TE LEIDEN,

OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS,

D^R. A. C. VREEDE,

HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER LETTEREN EN WIJSBEGEERTE,

VOOR DE FACULTEIT DER GENEESKUNDE TE VERDEDIGEN

op Woensdag 30 September 1896, des namiddags te 4 uren,

DOOR

KLAAS DE LINT,

Arts,

GEBOREN TE PIQUETBERG.

LEIDEN,
S. C. VAN DOESBURGH.
1896.

AAN MIJNE MOEDER

EN AAN

DE NAGEDACHTENIS VAN MIJNEN VADER.

INHOUD.

Blz.

INLEIDING 1

I. Historisch overzicht. 4

II. Methode van onderzoek. 11

III. De vorm van het normale electrocardiogram van den mensch 27

IV. De invloed der frequentie van den hartslag op den vorm van het electrocardiogram 52

V. De invloed der lichaamshouding 60

VI. De invloed der plaatsen, van welke de electrische stroom wordt afgeleid 63

VII. Slotbeschouwingen. De verklaring en de beteekenis van het electrocardiogram 66

BIJ DE PLATEN. 76

STELLINGEN 77

INLEIDING.

Iedere methode van onderzoek, waardoor men in staat gesteld wordt, de werking van het hart nader te leeren kennen, verdient de belangstelling van den medicus in hooge mate. Indien men al niet beweren mag, dat het physisch onderzoek van het hart en de bloedvaten op een lagen trap van ontwikkeling staat, dan mag men toch als algemeen erkend aannemen, dat er groote leemten en gebreken in onze thans gebruikelijke onderzoekingsmethoden zijn aan te wijzen. Nog steeds kennen de verschillende onderzoekers verschillende vormen toe aan het cardiogram, de kromme lijn, die den hartstoot graphisch weergeeft en velen van hen, die op dit punt eensluidend oordeelen, blijven nog verschillen in hun opvatting over de beteekenis, die de kromme heeft voor de beoordeeling der hartswerking en over de waarde der afwijkingen, die zich bij hartziekten voordoen.

Een luchtkussen, tegen de regio cordis gedrukt en met een registreertrommel verbonden, zal bij denzelfden persoon nu eens de eene, dan weer de andere kromme doen schrijven: een kleine verschuiving van het luchtkussen, een zachter of harder aandrukken tegen den borstwand heeft grootere veranderingen in den vorm van het cardiogram

ten gevolge dan de tastbaarste anatomische afwijkingen van het hart. Vele physiologen meenen zelfs, dat het registreeren van den ictus cordis alleen dan zin heeft, wanneer men het luchtkussen op den borstwand zoolang verplaatst, dat ten slotte de hefboom der registreertrommel, die met het luchtkussen verbonden is, een kromme van een vooraf bepaalden, voorgeschreven vorm schrijft.

Wenscht men de hartswerking uit de eigenschappen van den pols te beoordeelen, dan doen zich nieuwe moeilijkheden voor. Want hoe bezwaarlijk het bijv. is om de eigenschappen van den pols in maat en getal uit te drukken, zal aan een ieder bekend zijn, die zijn aandacht behalve aan de frequentie ook aan de grootte, de hardheid en de celeriteit van den pols heeft geschonken. De registreermethode baat hier slechts weinig. De vorm der polskromme is wel niet zoozeer als die van het cardiogram, maar toch nog in veel te groote mate afhankelijk van de eigenschappen der gebruikte werktuigen en de juiste plaats, waar zij worden aangelegd.

Het methodisch geconstrueerde electrocardiogram is van alle bovengenoemde bezwaren bevrijd. Het geeft de schommelingen in potentiaalverschil, die tusschen twee plaatsen van het lichaam, bijv. de beide handen, door de hartswerking worden teweeggebracht, nauwkeurig aan en wel op zoodanige wijze, dat de eigenaardigheden der gebruikte werktuigen worden geëlimineerd en de krommen, die door verschillende onderzoekers met verschillende werktuigen zijn verkregen, onmiddellijk onderling kunnen worden vergeleken. Daarbij komen maat en getal tot hun volle recht, daar de schommeling in potentiaalverschil als functie van den tijd in de algemeen aangenomen eenheden van electromotorische kracht, Volts of Daniells, kan worden uitgedrukt.

Deze groote voordeelen, die het electrocardiogram aanbiedt boven het gewone of mechanische cardiogram en boven

de polskromme, maken het tot een hoogst belangrijk middel ter bestudeering van de hartswerking.

Tot nog toe zijn echter slechts zeer weinig electrocardiogrammen beschreven geworden, die bovendien maar voor een deel methodisch werden geconstrueerd. Men kan uit de gepubliceerde krommen nog niet beoordeelen, welke vorm van het electrocardiogram de typische genoemd moet worden, welke afwijkingen van den typischen vorm tot de normale, welke tot de pathologische moeten worden gerekend. Men kent den invloed nog niet van de plaatsing der electroden, van de lichaamshouding, van de hartsfrequentie. Bovendien moeten nog een aantal tijdmetingen worden verricht om het verband van het electrocardiogram met den ictus cordis en den pols nader te leeren kennen, waaruit de beteekenis van het electrocardiogram in een duidelijker licht kan worden gesteld.

Bovenstaande overwegingen bepaalden mijn keuze op het normale electrocardiogram van den mensch als onderwerp van mijn proefschrift. Bij de bewerking daarvan verleende Prof. Einthoven mij bereidwillig zijn hulp; ik wil niet nalaten, hem hiervoor mijn oprechten dank te betuigen. Tevens voeg ik daarbij een woord van dank aan de vele vrienden, die mij bij het nemen der proeven hebben bijgestaan, in 't bijzonder aan de beide assistenten, de Heeren Geluk en Blöte en aan den amanuensis van het physiologisch laboratorium, den Heer van der Woerd.

HOOFDSTUK I.

Historisch overzicht.

Bij de behandeling van het historisch overzicht hebben wij het voorrecht kort te kunnen zijn. In het proefschrift van Dr. W. T. de Vogel[1]) vinden wij uitvoerige, historisch-kritische aanteekeningen van de werken, die op ons onderwerp betrekking hebben en vóór het jaar 1893 zijn verschenen, zoodat wij ons van de taak om dezelfde werken nogmaals te bespreken, ontslagen mogen achten.

De Vogel zelf onderzocht de electrocardiogrammen van den kikvorsch, den hond, het konijn en den mensch. Vooral van het kikvorschenhart werden de electromotorische schommelingen bestudeerd, zoowel van het hart in situ, terwijl het al of niet door het pericardium was bedekt, als van het geïsoleerde hart, terwijl de electroden op verschillende plaatsen van de hartekamer werden aangelegd. Hoewel de krommen, door de Vogel verkregen, niet alle gelijkvormig zijn, kan er

1) W. T. de Vogel. Bijdrage tot de kennis der electrische verschijnselen van het hart. Academisch proefschrift, Leiden, 1893. Zie ook: Onderzoekingen physiol. laborat. Leiden. 2e Reeks, Dl. I.

toch een bepaald type worden herkend, dat als algemeen type mag worden aangemerkt. Bij iedere contractie vindt men twee toppen, de eerste, p, smal en hoog, de tweede, q, breeder en lager, beide correspondeerende met een negatief worden der kamerbasis ten opzichte van de kamerpunt.

De grenslijn, die den voet van beide spitsen vereenigt en dus gedurende de systole geschreven wordt, is een weinig naar onderen gebogen en komt op haar laagste punten beneden de lijn der diastole te staan (negativiteit der kamerpunt). Echter vertoont zij niet onaanzienlijke verschillen, die in nauw verband blijken te staan met de plaatsen, waar de electroden zijn aangelegd.

Daar de kromme lijnen ongeveer hetzelfde karakter blijven vertoonen, wanneer in een kloppend hart de boezemcontracties door een Stanniusligatuur worden gekeerd, besluit de Vogel, dat deze laatste geen invloed op den vorm der electrocardiogrammen kunnen uitoefenen.

Bij de verklaring van het electrocardiogram van den kikvorsch onderscheidt de Vogel drie perioden:

1e. Het begin der contractie aan de basis, die met een negativiteit aldaar gepaard gaat en waardoor de eerste top p der kromme veroorzaakt wordt.

2e. De voortschrijding der contractiegolf naar de punt en de contractie der punt zelve. De snelheid van voortschrijding en de kracht der contractie kunnen variëeren en deze variaties veroorzaken de talrijke verschillen, die de geschreven lijnen midden in de systole vertoonen.

3e. Het einde der contractie aan de basis. De contractie der kamerpunt is kort van duur en steeds eerder geëindigd dan de contractie der basis. Hierdoor wordt aan het einde der systole de basis weer negatief ten opzichte van de punt en ontstaat de tweede naar boven gerichte top q.

Het hoofdstuk over het kikvorschenhart wordt besloten

met het onderzoek naar de werking van eenige vergiften: digitaline, muscarine en atropine, welke, met het hart in aanraking gebracht, elk afzonderlijk eenige typische veranderingen in den vorm van het electrocardiogram deden ontstaan.

Bij het onderzoek naar de electromotorische schommelingen van het konijnen- en het hondenhart werden de electroden evenals bij de proeven met het kikvorschenhart direct op de hartspier aangelegd. De verkregen krommen vertoonen een onregelmatig karakter.

Van het menschelijk electrocardiogram werden drie reeksen van krommen gepubliceerd, welke verkregen werden door de electroden aan de beide handen aan te leggen. De krommen zijn niet vrij van de gevolgen van mechanische trillingen der werktuigen, maar de hoofdzaken komen toch duidelijk voor den dag. De Vogel onderscheidt in iedere hartsperiode een dubbele schommeling, beide in dezelfde richting, waarbij de potentiaal der linkerhand, d. i. dus de potentiaal der hartpunt, telkens wordt verhoogd. De eerste verheffing treedt plotseling in, bereikt spoedig haar maximum en daalt dan langzamer. De duur is van 0,04 tot 0,05 seconde. De tweede verheffing is zoowel in de anaals in de katakrote lijn minder steil, bereikt ongeveer dezelfde hoogte en duurt 0,20 seconde. De duur der totale electrische schommeling is ongeveer 0,37 seconde.

Merkwaardig zijn de meer of minder uiteenloopende resultaten, die door de Vogel en zijn voorgangers, Waller en Bayliss en Starling, zijn gepubliceerd. Zij kennen allen aan het electrocardiogram een verschillenden vorm toe. Dit moet voornamelijk worden verklaard door de omstandigheid, dat men bij het onderzoek verschillende capillairelectrometers heeft gebruikt en de methode nog niet kende om uit het direct geregistreerde electrocardiogram de gegevens af te leiden voor de constructie van een kromme,

die de schommelingen in potentiaalverschil in juiste maat weergeeft. Evenals Aug. D. Waller, de ontdekker van het menschelijk electrocardiogram, ziet de Vogel duidelijk in, dat wegens de traagheid van het kwik de vorm der geschreven lijn nimmer de volkomen juiste graphische voorstelling zijn kan van de variaties in potentiaalverschil. „Om de juiste voorstelling te verkrijgen," zegt hij, „zou de gephotographeerde lijn eerst moeten worden gecorrigeerd met behulp van gegevens, die weder af te leiden zijn van de bijzondere eigenschappen van den gebruikten capillair-electrometer [1]). Ook kunnen wij zonder de bedoelde correcties niet de absolute grootte der potentiaalverschillen opgeven en moeten ons met de bepaling der minimumwaarde vergenoegen. Deze bedraagt voor beide verheffingen ongeveer 0,0004 Daniell." In het electrocardiogram van v. d. W. wordt het rhythmisch wederkeerende potentiaalverschil op minstens 0,5 millidaniell aangegeven.

De methodische constructie der electrocardiogrammen is mogelijk gemaakt vooreerst door de onderzoekingen van Burch en vervolgens door die van Prof. Einthoven, welke beide onderzoekers de wetten hebben bestudeerd, die de de beweging van het kwik in den capillair-electrometer beheerschen.

Burch [2]) vond, dat de snelheid, waarmede de kwikmeniscus zich beweegt, op ieder oogenblik van diens beweging evenredig is aan den afstand, dien de meniscus nog zou afleggen, indien het op dat oogenblik heerschende potentiaalverschil onveranderd bleef. Kent men de grootte

1) T. a. p. p. 59 en 60.

2) G. J. Burch, Proceedings of the Royal Soc. London, 1890. vol. 48, p. 90. Hoewel de onderzoekingen van Burch vóór de publicatie van het proefschrift van de Vogel het licht zagen en dan ook door de Vogel zijn genoemd, zijn zij niet in zijn historische aanteekeningen opgenomen. Wij veroorloven ons daarom het werk van Burch hier nader te memoreeren

van den uitslag van den capillair-electrometer voor een gegeven, gelijk blijvend potentiaalverschil en de bewegingssnelheid van den kwikmeniscus in een willekeurig stadium van diens beweging, dan kan men uit den vorm en de afmetingen van een kromme lijn, die door den capillair-electrometer geschreven wordt, terwijl er wisselende, onbekende potentiaalverschillen tusschen de polen van het instrument heerschen, die potentiaalverschillen berekenen.

B u r c h registreerde de kwikbewegingen op een photographisch bereide, gevoelige plaat, die aan het uiteinde van een slinger bevestigd was en zich in een donker gemaakt vertrek achter een spleetvormige opening bewoog. De glazen plaat beschreef een cirkelvormige baan met het ophangpunt van den slinger tot middelpunt. Dit maakte bij de uitmeting der verkregen kromme lijnen bijzondere inrichtingen noodig. Bij deze metingen ging B u r c h aldus te werk:

Het negatief werd horizontaal aan een driehoekigen drager bevestigd, die zich om een verticale as kon draaien. De afstand van het negatief tot het draaipunt werd gelijk genomen aan de lengte van den slinger, die bij het registreeren dienst had gedaan. Nu werd van het draaipunt uit een draad gespannen over het negatief heen en dit laatste zoo gecentreerd, dat het beeld der spleet evenwijdig aan den gespannen draad kwam te liggen. Een lange, met millimeterverdeeling voorziene staaf werd horizontaal door het draaipunt en loodrecht op den gespannen draad aangebracht. In het punt p, waar de gespannen draad — die onbeweeglijk bleef bevestigd — de te onderzoeken kromme sneed, werd een loodlijn op de kromme getrokken en vervolgens werden gemeten:

1e. de afstand van het punt p tot den cirkel, die met het draaipunt van de plaat tot middelpunt door het nulpunt was getrokken.

2e. de afstand van het draaipunt tot het snijpunt van de millimeterstaaf en de loodlijn op de kromme.

Uit de resultaten dezer metingen werd het potentiaalverschil berekend, dat tusschen de polen van den capillair-electrometer heerschte op het oogenblik, dat punt p geregistreerd werd.

In een gemeenschappelijken arbeid met Burdon Sanderson[1]) heeft Burch de schommelingen in potentiaalverschil geregistreerd en berekend, die met de contractie van dwarsgestreepte kikvorschspieren gepaard gaan. Hij was in staat, zoodanige schommelingen te volgen met tijdsintervallen van niet meer dan 0,001 seconde.

Prof. Einthoven[2]) ging van geheel andere veronderstellingen uit dan Burch en zijn methoden verschillen dan ook van die van den laatste. Toch vindt hij bij zijn eerste proeven in overeenstemming met Burch, dat de bewegingssnelheid van den kwikmeniscus op alle oogenblikken evenredig is aan een zeker potentiaalverschil w, en wel zóó, dat

$$w = P^* - P,$$

waarin P^* het potentiaalverschil aangeeft tusschen de polen van den capillair-electrometer en P het potentiaalverschil, dat op het bedoelde oogenblik tusschen die polen zou moeten heerschen, wanneer de kwikmeniscus ter plaatse stil stond.

Later blijkt het hem, dat de meeste capillair-electrometers meer of minder aanzienlijke afwijkingen van bovenstaanden regel vertoonen; doch zoodanige werktuigen behoeven nog

1) J. Burdon Sanderson. The electrical response to stimulation of muscle, and its relation to the mechanical response. The journ. of physiol. 1895, vol. 18, p. 117.

2) Zie verschillende opstellen in Onderz. physiol. laborat. Leiden, 2e Reeks Dl. I en II.

volstrekt niet als onbruikbaar te worden ter zijde gesteld.

De kwikbeweging wordt geregistreerd op een photographische plaat, die met een bepaalde snelheid horizontaal voortbewogen wordt. De zich in verticale richting bewegende kwikmeniscus schrijft hierop een kromme lijn, die gemakkelijk in een rechthoekig coördinatenstelsel kan worden geanalyseerd.

Prof. Einthoven paste zijn methode toe op de constructie van het menschelijk electrocardiogram. Na een zoodanige constructie te hebben uitgevoerd, dat het electrocardiogram kan worden beschouwd de juiste uitdrukking te zijn van de schommelingen in potentiaalverschil, die hebben plaats gehad, wordt nog een tweede constructie ondernomen, ten einde de electrocardiogrammen, die met behulp van verschillende werktuigen zijn verkregen, alle direct onderling vergelijkbaar te maken. De op deze wijze verkregen onderling vergelijkbare electrocardiogrammen geven, hun absolute grootte daargelaten, de schommelingen in potentiaalverschil weer, onafhankelijk van de gebruikte werktuigen, hetgeen daarom van waarde is, omdat wij een van de gebruikte werktuigen onafhankelijk beeld van het gewone cardiogram tot heden nog moeten missen.

De definitieve, geconstrueerde vorm blijkt geheel anders te zijn dan die van het direct geregistreerde electrocardiogram, zoodat hij ook aan geen der vormen van vroeger gepubliceerde electrocardiogrammen nabij komt.

Wij hebben in ons proefschrift de methode van Prof. Einthoven ter meting en berekening der krommen geheel gevolgd. In de volgende bladzijden zullen wij de door ons verkregen resultaten met de zijne vergelijken, terwijl wij thans in ons historisch overzicht met de gegeven schets volstaan.

HOOFDSTUK II.

Methode van onderzoek.

De door ons toegepaste methode van onderzoek komt in hoofdzaak overeen met die van Dr. de Vogel. Met behulp van een sterke lichtbron en een lenzenstelsel wordt de verticaal gestelde haarbuis van een capillair-electrometer verlicht. Een tweede lenzenstelsel vangt het doorvallende licht op en werpt een scherp beeld van het kwik in de haarbuis op een fijne spleet, waarachter zich een photographisch bereide gevoelige plaat bevindt.

Deze laatste dient tot schrijfvlakte en kan in horizontale richting worden voortbewogen.

De capillair-electrometer.

Wij gaven aan onze haarbuizen denzelfden vorm als door de Vogel werd verkozen: een snellen overgang van het wijde gedeelte naar het nauwe en het capillaire gedeelte zelf vooral zóó kort, als dat met het oog op de practische bruikbaarheid van het werktuig mogelijk was. Dit geschiedde met het doel om de mechanische wrijving, die bij iedere kwikbeweging in de buis haar invloed moet

doen gelden, zoo gering mogelijk te maken. Met hetzelfde doel werden slechts eenige weinige druppels kwik in de buis gedaan, terwijl het bovendeel der buis met lucht gevuld bleef. Een lange platinadraad reikte van de bovenste opening der buis tot in het kwik en deed op deze wijze als kwikpool van het werktuig dienst.

Het capillaire uiteinde was in een bakje met verdund zwavelzuur gedompeld. Op den bodem van het bakje bevond zich een laag kwik, dat in aanraking was met een tweeden platinadraad, die aldus de zwavelzuurpool vormde.

De drukking in de capillaire buis werd met behulp van een beweegbaar kwikreservoir geregeld.

Het kostte ons zeer veel tijd en moeite om voor de blaastafel een haarbuis te trekken, die aan de door ons gestelde eischen voldeed. Deze eischen waren schijnbaar eenvoudig:

1e. De uitslagen van den meniscus moesten voor kleine potentiaalverschillen ongeveer evenredig aan deze laatste zijn.

2e. De beweging van het kwik in de capillaire buis moest geleidelijk, zonder schokken plaats grijpen.

Aan de eerste eisch kon worden voldaan door aan de haarbuis een regelmatigen vorm te geven. Er is een zekere oefening in het werken aan de blaastafel noodig om den vorm van de buis, die men trekt, eenigermate te beheerschen; maar geen oefening kan ons helpen om aan den tweeden eisch te voldoen, en wanneer het kwik in de haarbuis zich met schokken en stooten beweegt, zijn wij wel genoodzaakt, op goed geluk af een aantal andere buizen te trekken in de hoop, dat er onder vele eenige weinige zullen zijn, die aan het doel beantwoorden. Bovendien blijft een eenmaal goedgekeurde capillair-electrometer slechts zelden langeren tijd achtereen bruikbaar, zoodat wij in den loop van het onderzoek meermalen genoodzaakt waren, onze capillair-electrometers te vernieuwen.

Daar de mogelijkheid bestond, dat de stootende beweging van het kwik moest toegeschreven worden aan den aard van het glas, waaruit de haarbuis was getrokken, werden tal van glassoorten beproefd: loodhoudend glas, natron- en kaliglas, Jenaasch normaalglas, borosilicaatglas. De buizen werden gereinigd met natronoplossingen, zwavelzuur, zeemleder, St. Jozefpapier, alcohol en aether in allerlei combinaties en bij verschillende temperaturen. Het kwik werd eerst chemisch zoo goed mogelijk gezuiverd en daarna zorgvuldig gedestilleerd. Waren eenige capillair-electrometers goedgekeurd, dan werden zij op doelmatige wijze in reageerbuizen bewaard, waarbij zorg gedragen werd, dat de twee polen voortdurend geleidend met elkaar verbonden bleven.

Wij bevestigden den capillair-electrometer aan hetzelfde statief, dat door de Vogel is gebruikt en waarmede men in staat is, de haarbuis nauwkeurig in drie loodrecht op elkaar staande richtingen te bewegen.

Het statief was in vele opzichten verbeterd geworden, o. a. ook daardoor, dat men de haarbuis met behulp van een afzonderlijke inrichting kon laten draaien om een as, die ongeveer met de as van den lichtkegel samenviel of althans op geringen afstand met deze evenwijdig liep. Dit had het groote voordeel, dat men de haarbuis gemakkelijk en vlug verticaal kon stellen en daardoor haar beeld nauwkeurig kon doen samenvallen met de spleet, die zich vóór de gevoelige plaat bevond [1]).

De isolatie tegen trillingen der omgeving.

Om den capillair-electrometer tegen de trillingen der om-

1) De wijze, waarop dit bereikt werd, zal later tegelijk met tal van andere bijzonderheden van het door ons gebruikte instrumentarium door Prof. Einthoven zelven beschreven worden.

geving te beveiligen maakte de Vogel gebruik van een massieven, diep in den grond gemetselden pijler, welks bovenvlak, door een plaat hardsteen gedekt, de hoogte van den beganen grond bereikte. Op den pijler stond een opzettelijk voor het doel vervaardigde, houten tafel met vier zware, uitstaande pooten, die onderling door verscheidene planken en balken waren verbonden. Deze voorzorgsmaatregelen bleken hem onvoldoende te zijn om de trillingen te keeren, die bijv. gedurende het passeeren van een rijtuig of het dicht slaan van een deur aan den bodem werden medegedeeld.

Wij hadden het voorrecht een isolatie-inrichting te kunnen gebruiken, die wat isoleerend vermogen en practische bruikbaarheid betreft, niets te wenschen overliet. Zij bestaat in hoofdzaak uit een vierkante ijzeren plaat [1]), ter grootte van 1 vierkanten meter, drijvende in een met kwik gevulden hardsteenen bak. De hardsteenen bak was op een massieven pijler bevestigd, die zelf weder op een zwaren grondpijler rustte. Het statief van den capillair-electrometer was te zamen met het microscoop op de drijvende plaat vastgeschroefd. Hoewel wij steeds midden op den dag werkten en bij 800-voudige vergrooting projecteerden, konden wij in de photogrammen nimmer een spoor van de trillingen der omgeving bemerken.

De projectie en de registreerinrichting.

Wij maakten bij ons onderzoek gebruik van een Krizik-Piette-booglamp uit de fabriek van Schuckert. Deze lamp, die op ongeveer 48 Volt en 15 Amp. gereguleerd is, heeft onmiskenbare voordeelen boven de vroeger in het

1) Zie W. Einthoven. Een isolatie-inrichting tegen trillingen der omgeving. Onderz. physiol. laborat. Leiden. 2e Reeks, Dl. II.

laboratorium gebruikte lamp uit de fabriek van Siemens u. Halske. De Krizik-lamp blijft verscheidene uren achtereen rustig branden, zonder dat de krater van de positieve pool, d. i: het deel, dat bij onze projectie als eigenlijke lichtbron dienst doet, zich noemenswaard verplaatst. Was in het begin van den middag de lamp eenmaal ingesteld en gereguleerd, dan behoefden wij er verder bij onze proeven niet of nauwelijks meer naar om te zien.

De wijze, waarop wij met behulp van de noodige lenzen en diaphragma's een nauwkeurig begrensd stuk uit het beeld van den krater sneden en scherp instelden in het vlak van de haarbuis komt geheel overeen met de methode, die door de Vogel is beschreven.

Bij de projectie van het beeld der haarbuis op de spleet maakten wij doorgaans gebruik van een droog apochromatisch objectief met 4 millimeter brandpuntsafstand en van het projectie-oculair n°. 2 van de firma Carl Zeiss. De spleet was ongeveer 1,60 meter van het microscoop verwijderd, waaruit de vergrooting van het beeld op 800maal wordt berekend.

Voordat het licht de 0,3 tot 0,4 mm breede spleet bereikt, wordt het door een cylinderlens gebroken, die de stralen zoodanig convergeert, dat het beeld der spleet op de gevoelige plaat niet breeder dan ongeveer 0,1 mm wordt. De cylinderlens bestaat uit twee helften, te zamen een stelsel vormende ter sterkte van 18 dioptricën. Zij moet nauwkeurig met de as verticaal kunnen worden gesteld en is daarom draaibaar gemaakt in een bus, die een schaalverdeeling draagt, waarop de stand der lens kan worden afgelezen en gecontroleerd. De voet, waarop de bus rust, heeft van onderen twee pennen, die juist passen in twee openingen, welke zich in een dicht vóór de spleet vastgeschroefde koperen plaat bevinden. Hierdoor kan de cylinder-

lens, nadat zij van haar plaats is weggenomen, gemakkelijk weer zóó worden neergezet, dat zij ten opzichte van de spleet in juist denzelfden stand komt te staan als te voren. Dit is daarom van beteekenis, omdat wij den meniscus eerst grof instellen op de spleet zonder cylinderlens en daarna de cylinderlens op haar plaats brengen.

Ten slotte geschiedt het f ij n e instellen, waarbij men in de eerste plaats het midden van het beeld der haarbuis nauwkeurig moet doen samenvallen met het midden der spleet, terwijl in de tweede plaats de meniscus zoo scherp mogelijk moet worden afgebeeld. Aan den eersten eisch kan moeilijk worden voldaan door een zijwaartsche verplaatsing der haarbuis vóór het objectief. Werkt men met een 800-voudige vergrooting en wenscht men de plaats van het beeld op 0,1 millimeter nauwkeurig te regelen, dan zou men het voorwerp tot 0,12 micron nauwkeurig moeten verstellen, hetgeen licht begrijpelijke bezwaren met zich brengt. Doch de moeilijkheid werd op eenvoudige wijze opgelost door de geheele drijvende plaat met een aantal stelschroeven een weinig te verschuiven en te draaiën.

Het scherpe afbeelden van de haarbuis moest geschieden door draaiingen aan de micrometerschroef van het drijvende microscoop en wel op zoodanige wijze, dat daarbij het beeld geen zijwaartsche verplaatsingen onderging. Dit geschiedde met behulp van een afzonderlijke stelinrichting even gemakkelijk en vlug als bij een vaststaand microscoop. Wij laten hier de beschrijving dier stelinrichting achterwege om liever nog met een enkel woord melding te maken van de schrijfvlakte en de wijze, waarop deze zich achter de spleet bewoog.

De schrijfvlakte, die bij het onderzoek van d e V o g e l dienst heeft gedaan, bestond uit broomzilverpapier, dat om een draaibaren cylinder gespannen was. De cylinder zelf

bevond zich in een absoluut van licht afgesloten kast. Het voordeel van deze inrichting bestaat voornamelijk daarin, dat men in staat is in een helder verlicht vertrek te arbeiden. Doch zij heeft het nadeel, dat de draaibare cylinder en de donkere kast, te zamen een aanzienlijk gewicht vertegenwoordigende, telkens naar een donkere kamer moeten worden overgebracht, wanneer de photogrammen moeten worden ontwikkeld of de cylinder op nieuw moet worden bespannen. De door ons gebruikte inrichting biedt dezelfde voordeelen aan als die van de Vogel, echter zonder haar nadeelen.

Een gevoelige plaat van 30 × 6 cm bevindt zich in een gewonen chassis uit den handel. Deze wordt in een absoluut lichtdicht sluitende, groote kist gebracht en kan dicht achter de spleetinrichting horizontaal worden voortbewogen zonder dat daarbij de lichtdichte sluiting van de kist — die stil staat — verbroken wordt. Men vult den chassis in de donkere kamer en sluit hem op de gewone wijze. Hierna wordt hij zonder bezwaar in het volle daglicht gebracht van de zaal, waar zich de projectie-inrichting en alle verdere benoodigdheden voor de proeven bevinden, en in de lichtdichte kist geschoven. Nu kan hij worden geopend en gedurende het nemen van een photogram worden bewogen, zonder dat de gevoelige plaat door eenig ander licht wordt getroffen dan hetgeen door het microscoop op de spleet geworpen wordt.

Een camera, in principe overeenkomende met de gewone camera voor microphotographie, is met haar eene uiteinde verbonden aan de kist, in wier wand de spleet zich bevindt; met haar andere uiteinde schuift zij lichtdicht over den tubus van het microscoop, zonder het laatste aan te raken. Door middel van een kijkgat, waarin zich een kijker bevindt, worden wij in staat gesteld om bij gesloten camera het beeld der haarbuis te bezien.

Is het photogram genomen, dan wordt de chassis dicht geschoven, uit de kist verwijderd en naar de donkere kamer gebracht, waar de gebruikte plaat door een nieuwe kan worden vervangen.

De beweging wordt aan den chassis medegedeeld door een ijzeren vliegwiel van 1,30 meter middellijn, dat zelf weder zijn beweging aan een kleinen electromotor ontleent. De laatste is met een reguleer-inrichting van d'Arsonval voorzien: een stalen veer, die met de as van den motor mededraait en door de middelpuntvliedende kracht zoodanig van vorm veranderd wordt, dat zij bij het overschrijden van een vooraf bepaalde omwentelingssnelheid den toegevoerden electrischen stroom verbreekt. De combinatie van den regulateur van d'Arsonval met het zware ijzeren vliegwiel verzekerde ons een zeer gelijkmatige beweging van den chassis.

Om het werk te bespoedigen namen wij twee dubbele chassis in gebruik. De tijd werd geregistreerd met behulp van een stemvork, die, door een electromagneet met een zelfonderbrekend contact in trilling gehouden, 50 geheele trillingen in de seconde volbracht. Een rechthoekig omgebogen stift was aan de stemvork verbonden en met behulp van een verschuifbare aluminium spiraal op zoodanige wijze verzwaard, dat zij volkomen met de stemvork medetrilde. De stift bewoog zich dicht vóór de spleet en schreef een schaduwlijn in den vorm van een sinusoide op het photogram.

Ten slotte vermelden wij, dat wij denzelfden ontwikkelaar gebruikten als de Vogel, eikonogeen met potasch; voor het recept verwijzen wij naar diens proefschrift bladz. 42.

De electrische geleiding.

Wanneer men twee deelen van het lichaam, bijv. de beide handen, direct met de polen van den capillair-electrometer

geleidend verbindt, zal het meermalen voorkomen, dat de kwikmeniscus uit het gezichtsveld van het microscoop wordt geslagen. Het groote potentiaalverschil dat, geheel afgescheiden van de door de hartswerking veroorzaakte rhythmische schommelingen, tusschen de beide handen aanwezig kan zijn, moet dus worden gecompenseerd. Verder moet de electrische geleiding zóó zijn ingericht, dat men gemakkelijk het lichaam uit de keten kan schakelen en de uitslagen kan meten, die door bekende, vooraf bepaalde potentiaalverschillen worden teweeggebracht; de capillair-electrometer moet worden geijkt en er moeten normaalkrommen worden geregistreerd.

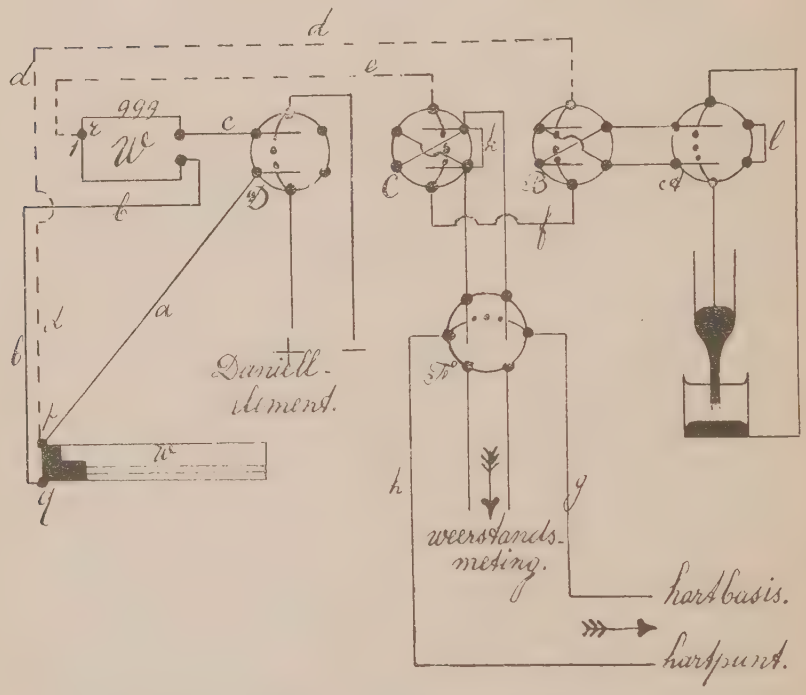
Eindelijk moet nog aan den praktischen eisch worden voldaan, dat men gemakkelijk kan nagaan of de rechterdan wel de linkerhand aan een der polen bijv. de zwavelzuurpool van den capillair-electrometer is verbonden. Aan al deze verschillende behoeften voldoet de draadgeleiding, die in onderstaande teekening schematisch is afgebeeld.

Van een Daniell-element gaat de stroom naar den sleutel *D*. Van hieruit wordt de positieve pool door den draad *a* verbonden met den knop *p* van het rheochord van du Bois-Reymond *w*. Na het rheochord doorstroomd te hebben verlaat hij haar bij *q*, om door den draad *b* naar een weerstandsbank *W* te worden geleid. Van hieruit loopt de stroom door den draad *c* naar den sleutel *D* en het Daniell-element terug.

Van den knop *p* van het rheochord en *r* van de weerstandsbank gaan twee draden *d* en *e*, die in de figuur gestreept zijn aangegeven, naar de commutatoren *B* en *C*. Men kan tusschen deze beide draden ieder gewenscht potentiaalverschil aanbrengen door verschillende stoppen uit de weerstandsbank te nemen of de klossen van het rheochord te verschuiven. Brengt men tusschen den draad *c* en den

knop r een weerstand van 999 Ohm en tusschen r en den draad b 1 Ohm, dan zal, wanneer de weerstand in het

Fig. 1.



rheochord op 0 gesteld is en die van het Daniell-element mag worden verwaarloosd, het potentiaalverschil tusschen de draden d en e juist 1 millidaniell bedragen.

In den commutator C is een doelmatig omgebogen koperdraad k geplaatst, waardoor e geleidend met f verbonden wordt. De draden d en f worden door den commutator B en den ketenwisselaar A met den capillair-electrometer verbonden, aan welks polen dus hetzelfde potentiaalverschil kan worden aangebracht, als tusschen de gestreepte draden d en e aanwezig is. De ketenwisselaar A is zóó ingericht, dat

hij in den eenen stand den capillair-electrometer met den commutator B geleidend verbindt, in den anderen stand echter de keten van het meetwerktuig met behulp van een korten koperdraad l in zich zelf sluit. Twee draden g en h geleiden den stroom van het menschelijk lichaam naar den ketenwisselaar F en van hier òf naar den commutator C òf naar een ander vertrek, waar de weerstandsmeting, zooals wij die nog nader zullen hebben te beschrijven, plaats heeft.

Zoolang de koperdraad k in den commutator C bevestigd blijft, heeft de stroom, die door het menschelijk lichaam voroorzaakt wordt, geen invloed op den stand van het kwik in den capillair-electrometer. Doch zoodra men k verwijdert, komt de gewenschte verbinding tusschen het lichaam en den capillair-electrometer tot stand. De teekening geeft aan, dat de hartpunt aan het zwavelzuur, de hartbasis aan het kwik verbonden is. Wendt men beide commutatoren B en C om, dan blijft deze zelfde verbinding bestaan, alleen wordt de richting van den stroom uit het Daniell-element in den capillair-electrometer omgekeerd. Op deze wijze is men in staat om met behulp van het Daniell-element steeds den stroom te compenseeren, die door het menschelijk lichaam nu eens in de eene, dan weer in de andere richting uitgezonden wordt.

Is de stroom van het lichaam door verschuiving van de klossen van het rheochord volkomen gecompenseerd, dan kan men den commutator B omwenden en dus de verbinding van het menschelijk lichaam met den capillair-electrometer wijzigen. Daar hierbij tevens de verbinding met het Daniell-element wordt veranderd, blijft de meniscus zijn zelfden gemiddelden stand behouden.

Wij registreerden om vergissingen te vermijden ieder electrocardiogram steeds zóó, dat eerst de punt van het hart

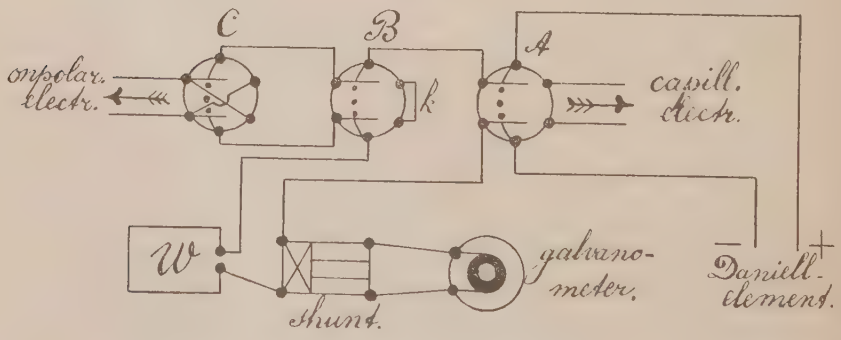
aan het zwavelzuur was verbonden. Daarna werd de commutator *B* omgewend en het tweede electrocardiogram geschreven bij een verbinding van de punt van het hart aan het kwik. Het omwenden van den commutator *B* geschiedde doorgaans op het oogenblik, dat de gevoelige plaat in beweging was en ongeveer de helft van haar weg had afgelegd.

De weerstandsmeting.

De bewegingssnelheid van den meniscus in den capillairelectrometer is afhankelijk van den weerstand, die zich in de keten bevindt. Bij de methodische constructie van het electrocardiogram moet men dus rekening houden met den weerstand, dien het menschelijk lichaam vertoont op het oogenblik, dat het photogram wordt genomen. Wij maten dien weerstand steeds òf onmiddellijk vóór òf onmiddellijk na de vervaardiging van het electrocardiogram op zeer snelle en voor ons doel voldoend nauwkeurige wijze.

Hetzelfde Daniell-element, dat bij het registreeren der

Fig. 2.



normaalkrommen en der electrocardiogrammen dienst doet, wordt door de ketenwisselaars *A* en *B*, zie fig. 2, in ver-

binding gebracht met een weerstandsbank W en een galvanometer. Om de uitslagen van den galvanometer te verkleinen is een nevensluiting in de geleiding gebracht. De ketenwisselaar B sluit de geleiding in den eenen stand door een korten koperdraad k, in den anderen stand door het menschelijk lichaam. Een commutator C stelt ons in staat den stroom in het menschelijk lichaam om te wenden.

Noem den weerstand in de keten bij een zoodanigen stand van B, dat de stroom door den korten koperdraad k gesloten wordt, r. Noem den weerstand in het menschelijk lichaam x, dan is de totale geleidingsweerstand bij den tweeden stand van B gelijk $r + x$.

De uitslag van den galvanometer bij een geleidingsweerstand van r zij i, de uitslag bij een geleidingsweerstand van van $r + x$ zij i_3. Voor i_3 werd het gemiddelde genomen van i_1 en i_2, welke beide laatste de galvanometer-uitslagen zijn, die verkregen werden door den stroom met behulp van den commutator C door het menschelijk lichaam eerst in de eene, dan in de andere richting te voeren. Op deze wijze werd de fout vermeden, die door een potentiaalverschil tusschen de beide aanlegplaatsen der electroden zou kunnen worden veroorzaakt.

Wanneer de uitslagen van den galvanometer evenredig zijn aan de stroomsterkten, hebben wij

$$r : (r + x) = i_3 : i.$$

Hieruit volgt, dat

$$x = \left(\frac{i}{i_3} - 1 \right) r.$$

Het was gemakkelijk om voor r een rond getal te kiezen. De weerstand in den galvanometer was gelijk aan dien in de shunt, 196 Ohm, voor beide te zamen dus 98 Ohm. De weerstand in het Daniell-element en in de draadgelei-

ding werd geschat op 2 Ohm en in de weerstandsbank werd een weerstand van 9900 Ohm gebracht, zoodat r tot 10 000 Ohm werd gecompleteerd. Hierdoor werd de berekening van x zeer vereenvoudigd.

De galvanometer, dien wij hebben gebruikt, verdient nog afzonderlijk te worden vermeld. Hij was door Charpentier geleverd en bestond, naar het principe van d'Arsonval, uit een draaibaren draadklos, opgehangen tusschen de polen van een sterken magneet. Wij vervingen den hollen galvanometerspiegel door een platten en maakten bij de aflezing der uitslagen gebruik van een kijker en een 1 meter lange glazen schaal, die op een afstand van ongeveer 3 meter van den galvanometer was opgesteld. De glazen schaal werd met behulp van drie holle spiegels, die het licht van drie kleine petroleumlampen opvingen en naar den galvanometerspiegel terugkaatsten, met doorvallend licht verlicht. De holle spiegels waren naar het voorschrift van Prof. Kamerlingh Onnes vervaardigd [1]) en beantwoordden uitstekend aan hun doel. Zij hebben een straal van ongeveer 98 cm, zijn reepvormig, van 45 tot 28 cm lang en 4 cm breed.

Voor de gevoeligheid van den galvanometer werd gevonden 1,33 micrampère voor 10 millimeter schaalafwijking.

Daar onze methode van weerstandsmeting gebaseerd is op de proportionaliteit van de uitslagen van den galvanometer is het niet ondienstig hier eenige vroeger verrichte waarnemingen te vermelden, die ten doel hadden, die proportionaliteit te onderzoeken. Dit onderzoek was gedaan naar de methode van Boccali [2]), die in principe hierin bestaat,

---

1) Zie Kamerlingh Onnes. Een hulpmiddel bij het verlichten van schalen voor spiegelaflezing. Zittingsversl. Kon. Akad. v. Wetensch. Afd. Natuurk. 1896, Dl. 4, p. 311.

2) Zie Uppenborn. Kalender für Elektrotechniker, 1891, S. 118.

dat men achtereenvolgens drie stroomen door den galvanometer laat gaan, waarvan de derde een sterkte heeft juist gelijk aan de som der sterkten van de beide eerste stroomen. Zijn de uitslagen van den galvanometer evenredig aan de stroomsterkten, dan moet ook de som der beide eerste uitslagen gelijk zijn aan den derden uitslag.

In de volgende tabel vindt men de uitkomsten der waarnemingen in verschillende kolommen vereenigd. De beide eerste kolommen geven de beide eerste uitslagen in millimeters weer, de derde kolom den berekenden, de vierde den waargenomen derden uitslag. In de vijfde en zesde kolom vindt men de verschillen tusschen de waargenomen en de berekende uitslagen opgegeven en wel in de 5e kolom in millimeters, in de 6e in procenten van den totalen uitslag.

Tabel 1.

1e uitslag in millimeters.	2e uitslag in millimeters.	Voor den derden uitslag berekend in millimeters.	Voor den derden uitslag gevonden in millimeters.	Verschil tusschen de berekende en de gevonden waarden in millimeters.	Verschil tusschen de berekende en de gevonden waarden in procenten uitgedrukt.
48,8	46,75	95,55	95,5	—0,05	—0,052
48,8	97,5	146,3	146,35	+0,05	+0,034
48,65	148,45	197,1	197,25	+0,15	+0,076
48,6	200,0	248,6	248,95	+0,35	+0,141
48,6	245,55	294,15	294,3	+0,15	+0,051
48,6	296,6	345,2	345,4	+0,2	+0,058
48,65	347,35	396,0	395,85	—0,15	—0,038
48,55	399,95	448,5	449,0	+0,5	+0,111
48,5	426,15	474,65	474,55	—0,1	—0,021

De afwijking bedraagt gemiddeld 0,065 %; zij is bij uitzondering grooter dan 0,1 % en de grootste afwijking bedraagt 0,14 %.

Wij merken hierbij op, dat om den invloed van elastische nawerking te vermijden van den draad, waaraan de klos hangt, de stand van de schaal steeds een zelfden tijd, 30 seconden, na het sluiten van den stroom werd afgelezen, terwijl het nulpunt steeds 15 seconden na de opening van den stroom genoteerd werd. Verlangt men niet de uiterste nauwkeurigheid te bereiken, dan kan men den invloed der elastische nawerking verwaarloozen, hetgeen het werk zeer bespoedigt.

De klos beweegt zich onder het gebruik van de shunt absoluut aperiodisch en de tijd, benoodigd om een uitslag te volbrengen, bedraagt ongeveer 1 seconde. De weerstand van het menschelijk lichaam was steeds binnen eenige weinige seconden gemeten en berekend.

HOOFDSTUK III.

De vorm van het normale electrocardiogram van den mensch.

De direct geregistreerde krommen.

Ons onderzoek strekt zich uit over ruim honderd (111) verschillende glazen platen, op elk waarvan een wisselend aantal electrocardiogrammen zijn gephotographeerd. De electrocardiogrammen van een zelfde glazen plaat, 11 tot 22 in getal, correspondeeren met direct op elkaar volgende hartslagen.

Bij de beschrijving van den vorm der direct geregistreerde krommen vereenigen wij ons in hoofdzaak met de woorden van Prof. Einthoven: „Het direct geregistreerde electrocardiogram", zegt hij, „vertoont 4 toppen, *A*, *B*, *C* en *D*" (zie Pl. I fig. 1). „Hiervan geven *A*, *C* en *D* een negativiteit aan van de hartbasis ten opzichte van de hartpunt, terwijl *B* een nagativiteit der hartpunt aangeeft. De middelste toppen *B* en *C* zijn scherp, de buitenste *A* en *D* stomp" [1]).

Hieraan moeten wij nog toevoegen, dat er zich in de

1) Zie Onderz. physiol. laborat. Leiden. 2e Reeks, Dl. II, p. 47.

electrocardiogrammen van vele personen, in het bijzonder wanneer hun hartsfrequentie door lichaamsbeweging is vermeerderd [1]), een vijfde top vertoont, dien wij C_1 willen noemen. C_1 is tusschen C en D gelegen en geeft een negativiteit aan van de hartpunt ten opzichte van de hartbasis (zeer duidelijk op Plaat I, fig. 3, 4, 9 en 10).

De bedoelde electrocardiogrammen komen met die van Bayliss en Starling [2]) overeen, welke beide onderzoekers eveneens een duidelijken top C_1 hebben kunnen waarnemen. Top C_1 is zeer inconstant, zooals bijv. uit een vergelijking van de figuren 5 en 10 van Pl. I gemakkelijk kan blijken.

Behalve deze bijzonderheid, die, zooals wij later nog nader zullen zien, volstrekt geen afwijking van het normale type mag worden genoemd, vonden wij in de talrijke, ons ten dienste staande platen geen onregelmatigheden. Slechts één uitzondering kunnen wij aanwijzen in plaat n°. 326. Hier vertoont de kromme een geheel anderen vorm, waardoor wij terstond op het vermoeden werden gebracht, dat de onderzochte persoon een hartgebrek zou hebben. Inderdaad leerde een opzettelijk ingesteld onderzoek, dat in de tweede linker intercostaalruimte een systolisch geruisch hoorbaar was en het verkregen electrocardiogram dus niet tot de normale mocht worden gerekend.

Bij verschillende personen bleken vrij aanzienlijke verschillen in de grootte der toppen te bestaan, zooals in de later volgende tabellen nauwkeurig zal worden opgegeven en zooals uit Plaat I fig. 1 tot 12 ook voldoende kan blijken.

Verder moet nog worden opgemerkt, dat van sommige

1) Zie hierover Hfdst. IV.

2) Bayliss and Starling. Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Physiol. 1892, Bd. IX, S. 256–281.

personen krommen verkregen werden, die het vermoeden deden ontstaan, dat de capillair-electrometer gedurende het photographeeren onder den invloed van mechanische trillingen zou hebben verkeerd. Van deze personen zijn herhaaldelijk weer electrocardiogrammen geschreven, waarbij alle voorzorgen werden genomen om trillingen te vermijden. Doch de resultaten bleven dezelfde. Ook werden onmiddellijk te voren en onmiddellijk daarna andere personen in juist dezelfde omstandigheden onderzocht. Deze leverden krommen, die als gewoonlijk een glad aanzien hadden, zoodat wij fouten in de instrumenten met zekerheid kunnen uitsluiten. De oorzaak van den eigenaardig gekartelden vorm der electrocardiogrammen van de eerst genoemde individuen moet dus in henzelven worden gezocht en zal waarschijnlijk wel hierin gelegen zijn, dat tijdens het photographeeren verschillende lichaamsspieren zich, hoewel nauwelijks merkbaar, toch schokkend samentrokken op de wijze, zooals men dat bij personen, die in de koude rillen, in veel sterkere mate waarneemt.

De constantenkrommen der capillair-electrometers.

Om de electrocardiogrammen methodisch te kunnen construeeren, moet men eerst de *normaalkrommen* der gebruikte capillair-electrometers leeren kennen en hieruit de *constantenkrommen* berekenen [1]). Verder moet men rekening houden met den invloed van den geleidingsweerstand op de bewegingssnelheid van den meniscus en van iederen capillair-electrometer steeds meerdere normaalkrommen schrijven, waarbij verschillend groote weerstanden in de geleiding moeten worden gebracht. De normaalkromme wier bijbehoorende weerstand het meest overeenkomt met den later

1) Over de bijzonderheden der methode zie Pflüger's Arch. 1895, Bd. 60, S. 91 folg.

gemeten weerstand van het menschelijk lichaam, wordt tot basis voor de verdere berekeningen en constructies gekozen. Het blijkt geheel overbodig te zijn, beide weerstanden nauwkeurig aan elkaar gelijk te maken, daar aanzienlijke verschillen, zelfs van 10000 en 20000 Ohm nog geringere afwijkingen in de beweging van den kwikmeniscus veroorzaken dan die, welke zich toch reeds, afgescheiden van elke weerstandsverandering, voordoen.

Om de fouten, die veroorzaakt zouden kunnen worden door de veranderingen, welke een capillair-electrometer in den loop van langeren tijd ondergaat, zoo gering mogelijk te maken, registreerden wij met hetzelfde werktuig en bij denzelfden weerstand op verschillende dagen normaalkrommen, waarbij wij zorg droegen, dat zooveel mogelijk ook hetzelfde deel der haarbuis, dat bij het schrijven der normaalkromme in het midden van het gezichtsveld was geplaatst, bij het registreeren van het electrocardiogram dienst deed.

Hieronder volgen de resultaten der meting van 20 normaalkrommen. Het gelijkblijvend potentiaalverschil, dat plotseling tusschen de polen van den capillair-electrometer werd aangebracht, bedroeg telkens 2 millidaniell.

Tabel 2. Photogram 209 *A*. Capillair-electrometer *G* 113; beweging kwikwaarts; vergrooting $l = 640$; bewegingssnelheid der glasplaat $v = 20$ mm per sec.; de uitslag van 1 millidaniell $a = 5{,}75$ mm; de afzonderlijk in de geleiding gebrachte weerstand $r_1 = 2$ Ohm.

$\eta_1 = -10$ mm	$s_1 = -\ 9{,}5$ mm
$\eta_2 = -\ 9$ „	$s_2 = -11{,}3$ „
$\eta_3 = -\ 8$ „	$s_3 = -12{,}6$ „
$\eta_4 = -\ 7$ „	$s_4 = -15{,}2$ „
$\eta_5 = -\ 6$ „	$s_5 = -19{,}9$ „
$\eta_6 = -\ 5$ „	$s_6 = -25{,}4$ „
$\eta_7 = -\ 4$ „	$s_7 = -32{,}9$ „
$\eta_8 = -\ 3$ „	$s_8 = -48{,}4$ „

Tabel 3. Photogram 210 *A*. Overeenkomstig het bovenstaande photogram 209 *A*, alleen is de afzonderlijk in de geleiding gebrachte weerstand $r_1 = 10\,000$ Ohm.

$\eta_1 = -10$ mm	$s_1 = -9{,}4$ mm
$\eta_2 = -9$ „	$s_2 = -11{,}6$ „
$\eta_3 = -8$ „	$s_3 = -12{,}5$ „
$\eta_4 = -7$ „	$s_4 = -15{,}2$ „
$\eta_5 = -6$ „	$s_5 = -19{,}0$ „
$\eta_6 = -5$ „	$s_6 = -23{,}8$ „
$\eta_7 = -4$ „	$s_7 = -29{,}6$ „
$\eta_8 = -3$ „	$s_8 = -41{,}2$ „

Tabel 4. Photogram 210 *D*. Overeenkomstig het bovenstaande, alleen is de beweging zwavelzuurwaarts.

$\eta_1 = 10{,}5$ mm	$s_1 = 7{,}7$ mm
$\eta_2 = 9{,}5$ „	$s_2 = 9{,}7$ „
$\eta_3 = 8{,}5$ „	$s_3 = 11{,}2$ „
$\eta_4 = 7{,}5$ „	$s_4 = 13{,}2$ „
$\eta_5 = 6{,}5$ „	$s_5 = 16{,}2$ „
$\eta_6 = 5{,}5$ „	$s_6 = 18{,}5$ „
$\eta_7 = 4{,}5$ „	$s_7 = 23{,}4$ „
$\eta_8 = 3{,}5$ „	$s_8 = 29{,}0$ „
$\eta_9 = 2{,}5$ „	$s_9 = 47{,}0$ „

Tabel 5. Photogram 211 *B*. Overeenkomstig het bovenstaande, alleen is de beweging kwikwaarts; verder $a = 5{,}5$ mm; $r_1 = 17\,400$ Ohm.

$\eta_1 = -10{,}1$ mm	$s_1 = -9{,}6$ mm
$\eta_2 = -9{,}1$ „	$s_2 = -10{,}9$ „
$\eta_3 = -8{,}1$ „	$s_3 = -13{,}0$ „
$\eta_4 = -7{,}1$ „	$s_4 = -15{,}0$ „
$\eta_5 = -6{,}1$ „	$s_5 = -17{,}1$ „
$\eta_6 = -5{,}1$ „	$s_6 = -20{,}6$ „
$\eta_7 = -4{,}1$ „	$s_7 = -25{,}8$ „
$\eta_8 = -3{,}1$ „	$s_8 = -35{,}3$ „
$\eta_9 = -2{,}1$ „	$s_9 = -52{,}2$ „

Tabel 6. Photogram 211 *D*. Overeenkomstig het bovenstaande, alleen is $a = 5{,}5$ mm en de beweging zwavelzuurwaarts.

$\eta_1 = 10$ mm	$s_1 = 8{,}3$ mm
$\eta_2 = 9$ „	$s_2 = 9{,}5$ „
$\eta_3 = 8$ „	$s_3 = 13{,}9$ „
$\eta_4 = 7$ „	$s_4 = 16{,}0$ „
$\eta_5 = 6$ „	$s_5 = 18{,}7$ „
$\eta_6 = 5$ „	$s_6 = 23{,}5$ „
$\eta_7 = 4$ „	$s_7 = 33{,}8$ „
$\eta_8 = 3$ „	$s_8 = 47{,}5$ „

Tabel 7. Photogram 212 *B*. Overeenkomstig het bovenstaande, alleen is $r_1 = 41\,200$ Ohm en $a = 5{,}25$ mm.

$\eta_1 = 9{,}5$ mm	$s_1 = 10{,}9$ mm
$\eta_2 = 8{,}5$ „	$s_2 = 12{,}8$ „
$\eta_3 = 7{,}5$ „	$s_3 = 13{,}4$ „
$\eta_4 = 6{,}5$ „	$s_4 = 17{,}4$ „
$\eta_5 = 5{,}5$ „	$s_5 = 22{,}9$ „
$\eta_6 = 4{,}5$ „	$s_6 = 26{,}6$ „
$\eta_7 = 3{,}5$ „	$s_7 = 35{,}9$ „

Tabel 8. Photogram 212 *D*. Overeenkomstig 212 *B*, alleen is $a = 6{,}55$ en de beweging kwikwaarts.

$\eta_1 = -11{,}4$ mm	$s_1 = -\ 7{,}9$ mm
$\eta_2 = -10{,}4$ „	$s_2 = -\ 8{,}7$ „
$\eta_3 = -\ 9{,}4$ „	$s_3 = -10{,}5$ „
$\eta_4 = -\ 8{,}4$ „	$s_4 = -12{,}9$ „
$\eta_5 = -\ 7{,}4$ „	$s_5 = -16{,}6$ „
$\eta_6 = -\ 6{,}4$ „	$s_6 = -18{,}4$ „
$\eta_7 = -\ 5{,}4$ „	$s_7 = -23{,}5$ „
$\eta_8 = -\ 4{,}4$ „	$s_8 = -30{,}6$ „
$\eta_9 = -\ 3{,}4$ „	$s_9 = -40{,}6$ „

Tabel 9. Photogram 222 *B*. Overeenkomstig het voorgaande, alleen is $l = 800$, $a = 9$ mm, $r_1 = 2$ Ohm, $v = 25$ mm per sec. en de beweging kwikwaarts.

$\eta_1 = -16$ mm	$s_1 = -6{,}9$ mm
$\eta_2 = -15$ „	$s_2 = -8{,}3$ „
$\eta_3 = -14$ „	$s_3 = -10{,}2$ „
$\eta_4 = -13$ „	$s_4 = -11{,}8$ „
$\eta_5 = -12$ „	$s_5 = -13{,}5$ „
$\eta_6 = -11$ „	$s_6 = -14{,}4$ „
$\eta_7 = -10$ „	$s_7 = -16{,}7$ „
$\eta_8 = -9$ „	$s_8 = -20{,}5$ „
$\eta_9 = -8$ „	$s_9 = -23{,}1$ „
$\eta_{10} = -7$ „	$s_{10} = -26{,}0$ „
$\eta_{11} = -6$ „	$s_{11} = -30{,}8$ „
$\eta_{12} = -5$ „	$s_{12} = -43{,}0$ „
$\eta_{13} = -4$ „	$s_{13} = -57{,}0$ „

Tabel 10. Photogram 223 *B*. Overeenkomstig het voorgaande, alleen is $a = 8{,}95$ mm en $r_1 = 42\,700$ Ohm.

$\eta_1 = -15{,}1$ mm	$s_1 = -6{,}6$ mm
$\eta_2 = -14{,}1$ „	$s_2 = -8{,}9$ „
$\eta_3 = -13{,}1$ „	$s_3 = -10{,}7$ „
$\eta_4 = -12{,}1$ „	$s_4 = -12{,}3$ „
$\eta_5 = -11{,}1$ „	$s_5 = -15{,}2$ „
$\eta_6 = -10{,}1$ „	$s_6 = -16{,}4$ „
$\eta_7 = -9{,}1$ „	$s_7 = -18{,}6$ „
$\eta_8 = -8{,}1$ „	$s_8 = -21{,}6$ „
$\eta_9 = -7{,}1$ „	$s_9 = -25{,}5$ „
$\eta_{10} = -6{,}1$ „	$s_{10} = -29{,}4$ „
$\eta_{11} = -5{,}1$ „	$s_{11} = -36{,}5$ „
$\eta_{12} = -4{,}1$ „	$s_{12} = -43{,}2$ „

Tabel 11. Photogram 228 *B*. Overeenkomstig het voorgaande, alleen is $r_1 = 2$ Ohm en $a = 9{,}3$ mm.

$\eta_1 = -16{,}8$ mm	$s_1 = -6{,}3$ mm
$\eta_2 = -15{,}8$ „	$s_2 = -7{,}1$ „
$\eta_3 = -14{,}8$ „	$s_3 = -8{,}3$ „

$\eta_4 = -13{,}8$ mm	$s_4 = -\ 9{,}3$ mm
$\eta_5 = -12{,}8$ „	$s_5 = -10{,}5$ „
$\eta_6 = -11{,}8$ „	$s_6 = -12{,}3$ „
$\eta_7 = -10{,}8$ „	$s_7 = -13{,}7$ „
$\eta_8 = -\ 9{,}8$ „	$s_8 = -14{,}4$ „
$\eta_9 = -\ 8{,}8$ „	$s_9 = -15{,}9$ „
$\eta_{10} = -\ 7{,}8$ „	$s_{10} = -18{,}2$ „
$\eta_{11} = -\ 6{,}8$ „	$s_{11} = -27{,}0$ „
$\eta_{12} = -\ 5{,}8$ „	$s_{12} = -41{,}9$ „

Tabel 12. Photogram 228 *D*. Overeenkomstig het voorgaande, alleen is $a = 8{,}6$ mm en de beweging zwavelzuurwaarts.

$\eta_1 = 16{,}2$ mm	$s_1 = \ 7{,}0$ mm
$\eta_2 = 15{,}2$ „	$s_2 = \ 8{,}2$ „
$\eta_3 = 14{,}2$ „	$s_3 = \ 8{,}9$ „
$\eta_4 = 13{,}2$ „	$s_4 = 10{,}0$ „
$\eta_5 = 12{,}2$ „	$s_5 = 10{,}9$ „
$\eta_6 = 11{,}2$ „	$s_6 = 12{,}6$ „
$\eta_7 = 10{,}2$ „	$s_7 = 14{,}8$ „
$\eta_8 = \ 9{,}2$ „	$s_8 = 16{,}3$ „
$\eta_9 = \ 8{,}2$ „	$s_9 = 19{,}3$ „
$\eta_{10} = \ 7{,}2$ „	$s_{10} = 23{,}0$ „
$\eta_{11} = \ 6{,}2$ „	$s_{11} = 28{,}7$ „
$\eta_{12} = \ 5{,}2$ „	$s_{12} = 38{,}0$ „

Tabel 13. Photogram 229 *B*. Overeenkomstig het voorgaande, alleen is $r_1 = 42\,700$ Ohm, $a = 9{,}4$ mm en de beweging kwikwaarts.

$\eta_1 = -17$ mm	$s_1 = -\ 7{,}7$ mm
$\eta_2 = -16$ „	$s_2 = -\ 8{,}7$ „
$\eta_3 = -15$ „	$s_3 = -\ 9{,}8$ „
$\eta_4 = -14$ „	$s_4 = -11{,}0$ „
$\eta_5 = -13$ „	$s_5 = -11{,}9$ „
$\eta_6 = -12$ „	$s_6 = -13{,}2$ „
$\eta_7 = -11$ „	$s_7 = -15{,}6$ „
$\eta_8 = -10$ „	$s_8 = -16{,}9$ „

$\eta_9 = -9$ mm	$s_9 = -18{,}2$ mm
$\eta_{10} = -8$ „	$s_{10} = -20{,}1$ „
$\eta_{11} = -7$ „	$s_{11} = -27{,}0$ „
$\eta_{12} = -6$ „	$s_{12} = -35{,}0$ „
$\eta_{13} = -5$ „	$s_{13} = -41{,}0$ „

Tabel 14. Photogram 234 *B*. Capillair-electrometer *G* 116; $l = 800$; $a = 7{,}65$ mm; $r_1 = 2$ Ohm; de beweging is kwikwaarts.

$\eta_1 = -16{,}5$ mm	$s_1 = -4{,}8$ mm
$\eta_2 = -15{,}5$ „	$s_2 = -5{,}5$ „
$\eta_3 = -14{,}5$ „	$s_3 = -6{,}0$ „
$\eta_4 = -13{,}5$ „	$s_4 = -6{,}9$ „
$\eta_5 = -12{,}5$ „	$s_5 = -7{,}7$ „
$\eta_6 = -11{,}5$ „	$s_6 = -8{,}3$ „
$\eta_7 = -10{,}5$ „	$s_7 = -9{,}2$ „
$\eta_8 = -9{,}5$ „	$s_8 = -11{,}3$ „
$\eta_9 = -8{,}5$ „	$s_9 = -13{,}1$ „
$\eta_{10} = -7{,}5$ „	$s_{10} = -17{,}8$ „
$\eta_{11} = -6{,}5$ „	$s_{11} = -23{,}5$ „
$\eta_{12} = -5{,}5$ „	$s_{12} = -32{,}3$ „
$\eta_{13} = -4{,}5$ „	$s_{13} = -41{,}5$ „

Tabel 15. Photogram 235 *B*. Als het voorgaande, alleen is $a = 7{,}25$ mm en $r_1 = 42\,700$ Ohm.

$\eta_1 = -13{,}5$ mm	$s_1 = -8{,}5$ mm
$\eta_2 = -12{,}5$ „	$s_2 = -9{,}1$ „
$\eta_3 = -11{,}5$ „	$s_3 = -9{,}9$ „
$\eta_4 = -10{,}5$ „	$s_4 = -11{,}0$ „
$\eta_5 = -9{,}5$ „	$s_5 = -12{,}2$ „
$\eta_6 = -8{,}5$ „	$s_6 = -14{,}2$ „
$\eta_7 = -7{,}5$ „	$s_7 = -16{,}6$ „
$\eta_8 = -6{,}5$ „	$s_8 = -18{,}2$ „
$\eta_9 = -5{,}5$ „	$s_9 = -22{,}0$ „
$\eta_{10} = -4{,}5$ „	$s_{10} = -27{,}4$ „
$\eta_{11} = -3{,}5$ „	$s_{11} = -34{,}7$ „

Tabel 16. Photogram 258 *B*. Als het vorige, alleen is $a = 8{,}3$ mm en $r_1 = 2$ Ohm.

η_1	$= -15{,}6$ mm	s_1	$= -\ 3{,}5$ mm
η_2	$= -14{,}6$ „	s_2	$= -\ 4{,}1$ „
η_3	$= -13{,}6$ „	s_3	$= -\ 4{,}9$ „
η_4	$= -12{,}6$ „	s_4	$= -\ 5{,}5$ „
η_5	$= -11{,}6$ „	s_5	$= -\ 6{,}3$ „
η_6	$= -10{,}6$ „	s_6	$= -\ 6{,}9$ „
η_7	$= -\ 9{,}6$ „	s_7	$= -\ 8{,}0$ „
η_8	$= -\ 8{,}6$ „	s_8	$= -\ 9{,}6$ „
η_9	$= -\ 7{,}6$ „	s_9	$= -10{,}6$ „
η_{10}	$= -\ 6{,}6$ „	s_{10}	$= -12{,}4$ „
η_{11}	$= -\ 5{,}6$ „	s_{11}	$= -17{,}3$ „
η_{12}	$= -\ 4{,}5$ „	s_{12}	$= -24{,}0$ „
η_{13}	$= -\ 3{,}6$ „	s_{13}	$= -31{,}7$ „
η_{14}	$= -\ 2{,}6$ „	s_{14}	$= -47{,}5$ „

Tabel 17. Photogram 259 *B*. Als het voorgaande, alleen is $a = 7{,}85$ mm en $r_1 = 42\,700$ Ohm.

η_1	$= -15$ mm	s_1	$= -\ 4{,}0$ mm
η_2	$= -14$ „	s_2	$= -\ 5{,}2$ „
η_3	$= -13$ „	s_3	$= -\ 6{,}8$ „
η_4	$= -12$ „	s_4	$= -\ 8{,}2$ „
η_5	$= -11$ „	s_5	$= -\ 9{,}2$ „
η_6	$= -10$ „	s_6	$= -\ 9{,}9$ „
η_7	$= -\ 9$ „	s_7	$= -11{,}3$ „
η_8	$= -\ 8$ „	s_8	$= -12{,}8$ „
η_9	$= -\ 7$ „	s_9	$= -14{,}6$ „
η_{10}	$= -\ 6$ „	s_{10}	$= -19{,}5$ „
η_{11}	$= -\ 5$ „	s_{11}	$= -24{,}2$ „
η_{12}	$= -\ 4$ „	s_{12}	$= -30{,}1$ „
η_{13}	$= -\ 3$ „	s_{13}	$= -41{,}6$ „

Tabel 18. Photogram 268 *B*. Als het vorige, alleen is $a = 8{,}55$ mm en $r_1 = 2$ Ohm.

η_1	$= -16{,}4$ mm	s_1	$= -3{,}4$ mm
η_2	$= -15{,}4$ „	s_2	$= -4{,}1$ „

$\eta_3 = -14{,}4$	mm	$s_3 = -4{,}7$	mm
$\eta_4 = -13{,}4$	„	$s_4 = -5{,}1$	„
$\eta_5 = -12{,}4$	„	$s_5 = -5{,}7$	„
$\eta_6 = -11{,}4$	„	$s_6 = -6{,}3$	„
$\eta_7 = -10{,}4$	„	$s_7 = -6{,}8$	„
$\eta_8 = -9{,}4$	„	$s_8 = -7{,}4$	„
$\eta_9 = -8{,}4$	„	$s_9 = -8{,}9$	„
$\eta_{10} = -7{,}4$	„	$s_{10} = -10{,}5$	„
$\eta_{11} = -6{,}4$	„	$s_{11} = -12{,}0$	„
$\eta_{12} = -5{,}4$	„	$s_{12} = -15{,}2$	„
$\eta_{13} = -4{,}4$	„	$s_{13} = -19{,}5$	„
$\eta_{14} = -3{,}4$	„	$s_{14} = -28{,}9$	„
$\eta_{15} = -2{,}4$	„	$s_{15} = -46{,}8$	„

Tabel 19. Photogram 278 *C*. Als het vorige, alleen is $a =$ 7,85 mm.

$\eta_1 = -15$	mm	$s_1 = -2{,}8$	mm
$\eta_2 = -14$	„	$s_2 = -3{,}2$	„
$\eta_3 = -13$	„	$s_3 = -3{,}6$	„
$\eta_4 = -12$	„	$s_4 = -4{,}5$	„
$\eta_5 = -11$	„	$s_5 = -5{,}6$	„
$\eta_6 = -10$	„	$s_6 = -6{,}7$	„
$\eta_7 = -9$	„	$s_7 = -7{,}9$	„
$\eta_8 = -8$	„	$s_8 = -9{,}1$	„
$\eta_9 = -7$	„	$s_9 = -10{,}4$	„
$\eta_{10} = -6$	„	$s_{10} = -12{,}3$	„
$\eta_{11} = -5$	„	$s_{11} = -15{,}2$	„
$\eta_{12} = -4$	„	$s_{12} = -19{,}0$	„

Tabel 20. Photogram 279 *D*. Als het vorige, alleen is $a = 7{,}7$ mm en $r_1 = 10\,000$ Ohm.

$\eta_1 = -14{,}7$	mm	$s_1 = -2{,}8$	mm
$\eta_2 = -13{,}7$	„	$s_2 = -3{,}2$	„
$\eta_3 = -12{,}7$	„	$s_3 = -3{,}8$	„
$\eta_4 = -11{,}7$	„	$s_4 = -4{,}8$	„

$\eta_5 = -10{,}7$	mm	$s_5 = -\ 5{,}8$	mm
$\eta_6 = -\ 9{,}7$	„	$s_6 = -\ 6{,}9$	„
$\eta_7 = -\ 8{,}7$	„	$s_7 = -\ 8{,}0$	„
$\eta_8 = -\ 7{,}7$	„	$s_8 = -\ 9{,}9$	„
$\eta_9 = -\ 6{,}7$	„	$s_9 = -11{,}3$	„
$\eta_{10} = -\ 5{,}7$	„	$s_{10} = -12{,}5$	„
$\eta_{11} = -\ 4{,}7$	„	$s_{11} = -15{,}6$	„
$\eta_{12} = -\ 3{,}7$	„	$s_{12} = -20{,}0$	„

T a b e l 21. Photogram 286 *D*. Als het vorige, alleen is $a = 7{,}55$ mm.

$\eta_1 = -14{,}8$	mm	$s_1 = -\ 2{,}9$	mm
$\eta_2 = -13{,}8$	„	$s_2 = -\ 3{,}3$	„
$\eta_3 = -12{,}8$	„	$s_3 = -\ 3{,}9$	„
$\eta_4 = -11{,}8$	„	$s_4 = -\ 4{,}9$	„
$\eta_5 = -10{,}8$	„	$s_5 = -\ 6{,}0$	„
$\eta_6 = -\ 9{,}8$	„	$s_6 = -\ 7{,}1$	„
$\eta_7 = -\ 8{,}8$	„	$s_7 = -\ 8{,}1$	„
$\eta_8 = -\ 7{,}8$	„	$s_8 = -\ 10{,}0$	„
$\eta_9 = -\ 6{,}8$	„	$s_9 = -\ 11{,}5$	„
$\eta_{10} = -\ 5{,}8$	„	$s_{10} = -\ 13{,}5$	„
$\eta_{11} = -\ 4{,}8$	„	$s_{11} = -\ 17{,}4$	„
$\eta_{12} = -\ 3{,}8$	„	$s_{12} = -\ 22{,}0$	„
$\eta_{13} = -\ 2{,}8$	„	$s_{13} = -\ 29{,}0$	„
$\eta_{14} = -\ 1{,}8$	„	$s_{14} = -\ 48{,}0$	„
$\eta_{15} = -\ 0{,}8$	„	$s_{15} = -110{,}0$	„

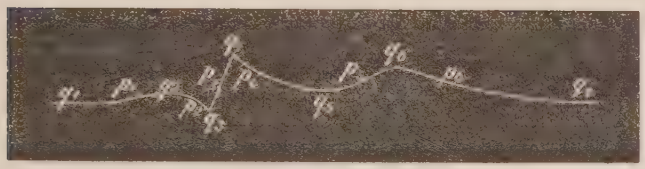
Naar bovenstaande gegevens werden constantenkrommen geconstrueerd op millimeterpapier. Wij achten het overbodig de teekeningen hier weer te geven en vermelden slechts, dat de afzonderlijke constantenkrommen aan de gegevens van een zelfde glazen plaat ontleend, telken male tot een gemiddelde constantenkromme werden vereenigd.

De methodisch geconstrueerde electrocardiogrammen.

Het direct geregistreerde electrocardiogram wordt in een

twaalftal punten gemeten, zie fig. 3: in zes punten p, waar

Fig. 3.



Schema van een geregistreerd electrocardiogram.

de kromme helt en in zes punten q, waar zij horizontaal loopt. De helling in de verschillende punten p wordt uitgedrukt door s_1, s_2, enz. en in de constantenkromme worden de bijbehoorende waarden η_1, η_2 enz. opgezocht. Deze laatste geven direct aan met welk bedrag men, ten einde de juiste constructie te verkrijgen, de ordinaten der geregistreerde kromme moet vergrooten of verkleinen. Hebben dus de punten p op het photogram de ordinaten y_1, y_2 enz., dan krijgen zij in de te construeeren kromme de waarden $y_1 + \eta_1$, $y_2 + \eta_2$ enz.

Zooals in ons historisch overzicht reeds werd vermeld, moet na de eerste constructie nog een tweede worden ondernomen, ten einde de electrocardiogrammen, die met behulp van verschillende werktuigen zijn verkregen, alle direct onderling vergelijkbaar te maken. Hiertoe worden de waarden $y + \eta$ vermenigvuldigd met $\frac{v}{10\,a}$, waarin v de bewegingssnelheid der glasplaat voorstelt in millimeters per seconde en a den uitslag van den kwikmeniscus op het photogram voor 1 millidaniell potentiaalverschil. De potentiaalverschillen, die gedurende het registreeren van het electrocardiogram werkelijk aanwezig zijn geweest, worden dan uitgedrukt door

$$P = \frac{y + \eta}{a}.$$

Wij hebben 59 electrocardiogrammen op bovengenoemde wijze gemeten, berekend en geconstrueerd. Van een twaalftal deelen wij hieronder de metingsresultaten uitvoeriger mede. Deze 12 electrocardiogrammen, die een bijzondere, in hoofdstuk IV nader te bespreken beteekenis hebben, vindt men op plaat I als direct geregistreerde krommen afgebeeld. Het zijn ongeretoucheerde negatieven, die door lichtdruk in natuurlijke grootte zijn weergegeven. De 12 bijbehoorende definitieve constructies vindt men op plaat II.

Tabel 22.

Electrocardiogram 250.
Berekend met behulp van normaalkromme 234. Lichaamsweerstand = 12 000 Ohm.

	s	Correctie. η	Oorspronkelijke ordinaatlengte. y	Gecorrigeerde ordinaatlengte. $y+\eta$	Ordinaatlengte v. h. electrocard., waarin 10 millidaniell ordin.lengte aan 1 sec. absceslengte is gelijk gesteld. $\frac{y+\eta}{10a} \cdot v$	Potentiaalverschil in millidaniell. $P = \frac{y+\eta}{a}$
p_1	115,0 mm	1,6 mm	0,2 mm	1,8 mm	0,58 mm	0,23
p_2	—49,0 „	—3,8 „	—0,7 „	—4,5 „	—1,47 „	—0,58
p_3	7,3 „	12,8 „	2,8 „	15,6 „	5,09 „	2,04
p_4	—12,0 „	—8,8 „	3,3 „	—5,5 „	—1,79 „	—0,71
p_5	48,0 „	3,8 „	1,4 „	5,2 „	1,69 „	0,68
p_6	—47,0 „	—3,8 „	1,9 „	—1,9 „	—0,62 „	—0,24
q_1	∞	0	0 mm		0 mm	0
q_2	„	„	0,3 „		0,09 „	0,04
q_3	„	„	—0,8 „		—0,26 „	—0,10
q_4	„	„	4,4 „		1,43 „	0,57
q_5	„	„	0,2 „		0,065 „	0,065
q_6	„	„	2,2 „		0,69 „	0,28

Tabel 23.

Electrocardiogram 252. Berekend met behulp van normaalkromme 234. Lichaamsweerstand = 11 210 Ohm.

	s	η	y	$y+\eta$	$\frac{y+\eta}{10a}.v$	$P=\frac{y+\eta}{a}$
p_1	115,0 mm	1,6 mm	0,2 mm	1,8 mm	0,59 mm	0,24 millidan.
p_2	—42,0 „	—4,5 „	—0,1 „	—4,6 „	—1,50 „	—0,61 „
p_3	4,3 „	18,4 „	2,5 „	20,9 „	6,91 „	2,73 „
p_4	—6,9 „	—13,5 „	4,5 „	—9,0 „	—2,94 „	—1,17 „
p_5	23,0 „	6,5 „	1,5 „	8,0 „	2,62 „	1,04 „
p_6	—34,5 „	—5,2 „	2,8 „	—2,4 „	—0,78 „	—0,30 „
q_1	∞	0	0 mm		0 mm	0 millidan.
q_2	„	„	0,4 „		0,13 „	0,05 „
q_3	„	„	—1,0 „		—0,32 „	—0,13 „
q_4	„	„	6,4 „		2,09 „	0,85 „
q_5	„	„	—0,5 „		—0,16 „	—0,065 „
q_6	„	„	3,0 „		0,98 „	0,39 „

Tabel 24.

Electrocardiogram 255. Berekend met behulp van normaalkromme 234. Lichaamsweerstand = 14 380 Ohm.

	s	η	y	$y+\eta$	$\frac{y+\eta}{10a}.v$	$P=\frac{y+\eta}{a}$
p_1	97,0 mm	1,9 mm	0,3 mm	2,2 mm	0,73 mm	0,29 millidan.
p_2	—71,0 „	—2,7 „	—0,4 „	—3,1 „	—1,01 „	—0,405 „
p_3	6,7 „	13,4 „	2,1 „	15,5 „	5,08 „	2,03 „
p_4	—5,0 „	—15,9 „	2,9 „	—13,0 „	—4,24 „	—1,69 „
p_5	30,7 „	5,6 „	2,3 „	7,9 „	2,58 „	1,03 „
p_6	—39,0 „	—4,6 „	2,7 „	—1,9 „	—0,62 „	—0,25 „
q_1	∞	0	0 mm		0 mm	0 millidan.
q_2	„	„	0,5 „		0,16 „	0,065 „
q_3	„	„	—0,8 „		—0,26 „	—0,10 „
q_4	„	„	4,3 „		1,42 „	0,56 „
q_5	„	„	—2,2 „		—0,69 „	—0,28 „
q_6	„	„	3,5 „		1,16 „	0,46 „

Tabel 25.

Electrocardiogram 256. Berekend met behulp van normaalkromme 234. Lichaamsweerstand = 12 440 Ohm.

	s	η	y	$y+\eta$	$\frac{y+\eta}{10a}.v$	$P=\frac{y+\eta}{a}$
p_1	102,0 mm	1,85 mm	0,3 mm	2,15 mm	0,69 mm	0,28 millidan.
p_2	—60,0 „	—3,1 „	—0,8 „	—3,9 „	—1,27 „	—0,50 „
p_3	8,4 „	11,5 „	1,0 „	12,5 „	4,06 „	1,60 „
p_4	—3,8 „	—20,8 „	1,9 „	—18,9 „	—6,19 „	—2,47 „
p_5	18,0 „	7,4 „	2,3 „	9,7 „	3,17 „	1,27 „
p_6	—38,0 „	—4,9 „	3,0 „	—1,9 „	—0,62 „	—0,25 „
q_1	∞	0	0 mm		0 mm	0 millidan.
q_2	„	„	0,4 „		0,13 „	0,05 „
q_3	„	„	—1,2 „		—0,39 „	—0,15 „
q_4	„	„	3,2 „		1,04 „	0,41 „
q_5	„	„	—4,3 „		—1,42 „	—0,56 „
q_6	„	„	3,9 „		1,27 „	0,50 „

Tabel 26.

Electrocardiogram 261. Berekend met behulp van normaalkromme 258. Lichaamsweerstand = 13 590 Ohm.

	s	η	y	$y+\eta$	$\frac{y+\eta}{10a}.v$	$P=\frac{y+\eta}{a}$
p_1	130,0 mm	0,95 mm	0,1 mm	1,05 mm	0,32 mm	0,12 millidan.
p_2	—125,0 „	—1,0 „	—0,4 „	—1,4 „	—0,42 „	—0,16 „
p_3	9,5 „	8,2 „	1,5 „	9,7 „	2,92 „	1,16 „
p_4	—10,4 „	—7,6 „	2,8 „	—4,8 „	—1,44 „	—0,57 „
p_5	33,0 „	3,4 „	2,7 „	6,1 „	1,83 „	0,73 „
p_6	—36,5 „	—3,2 „	3,4 „	0,2 „	0,06 „	0,02 „
q_1	∞	0	0 mm		0 mm	0 millidan.
q_2	„	„	0,2 „		0,06 „	0,02 „
q_3	„	„	—0,5 „		—0,15 „	—0,06 „
q_4	„	„	3,3 „		0,87 „	0,39 „
q_5	„	„	0,9 „		0,275 „	0,11 „
q_6	„	„	4,1 „		1,23 „	0,49 „

Tabel 27.

Electrocardiogram 264. Berekend met behulp van normaalkromme 258. Lichaamsweerstand = 18 500 Ohm.

	s	η	y	$y+\eta$	$\frac{y+\eta}{10a}.v$	$P=\frac{y+\eta}{a}$
p_1	∞ mm	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	0 millidan.
p_2	—68,0 „	—1,8 „	—1,0 „	—2,8 „	—0,84 „	—0,33 „
p_3	9,0 „	8,7 „	0,2 „	8,9 „	2,68 „	1,07 „
p_4	—10,1 „	—7,8 „	0,6 „	—7,2 „	—2,16 „	—0,86 „
p_5	16,2 „	6,0 „	2,7 „	8,7 „	2,62 „	1,04 „
p_6	—20,2 „	—5,0 „	4,0 „	—1,0 „	—0,31 „	—0,12 „
q_1	∞	0	0 mm		0 mm	0 millidan.
q_2	„	„	0 „		0 „	0 „
q_3	„	„	—1,2 „		—0,36 „	—0,14 „
q_4	„	„	1,7 „		0,51 „	0,20 „
q_5	„	„	—0,6 „		—0,18 „	—0,07 „
q_6	„	„	4,8 „		1,44 „	0,57 „

Tabel 28.

Electrocardiogram 270. Berekend met behulp van normaalkromme 268. Lichaamsweerstand = 8 860 Ohm.

	s	η	y	$y+\eta$	$\frac{y+\eta}{10a}.v$	$P=\frac{y+\eta}{a}$
p_1	120,0 mm	0,9 mm	0,15 mm	1,05 mm	0,31 mm	0,12 millidan.
p_2	—37,0 „	—3,0 „	—0,6 „	—3,6 „	—1,06 „	—0,42 „
p_3	2,0 „	27,9 „	2,5 „	30,4 „	8,88 „	3,55 „
p_4	—5,7 „	—12,0 „	9,0 „	—3,0 „	—0,87 „	—0,35 „
p_5	15,9 „	4,6 „	3,5 „	8,1 „	2,35 „	0,94 „
p_6	—19,5 „	—4,0 „	6,5 „	2,5 „	0,73 „	0,29 „
q_1	∞	0	0 mm		0 mm	0 millidan.
q_2	„	„	0,3 „		0,09 „	0,035 „
q_3	„	„	—0,7 „		—0,20 „	—0,08 „
q_4	„	„	9,8 „		2,86 „	1,14 „
q_5	„	„	1,1 „		0,03 „	0,12 „
q_6	„	„	7,3 „		2,13 „	0,85 „

Tabel 29.

Electrocardiogram 273. Berekend met behulp van normaalkromme 268. Lichaamsweerstand = 10 100 Ohm.

	s	η	y	$y+\eta$	$\frac{y+\eta}{10a}.v$	$P=\frac{y+\eta}{a}$
p_1	130,0 mm	0,9 mm	0,1 mm	1,0 mm	0,16 mm	0,11 millidan.
p_2	—34,0 „	—3,3 „	—0,8 „	—4,1 „	—1,19 „	—0,47 „
p_3	2,3 „	24,2 „	3,5 „	27,7 „	8,09 „	3,24 „
p_4	—4,6 „	—14,2 „	8,4 „	—5,8 „	—1,69 „	—0,67 „
p_5	22,0 „	4,1 „	2,0 „	6,1 „	1,78 „	0,71 „
p_6	—29,0 „	—3,0 „	3,4 „	0,4 „	0,11 „	0,04 „
q_1	8	0	0 mm		0 mm	0 millidan.
q_2	„	„	0,4 „		0,11 „	0,04 „
q_3	„	„	—1,0 „		—0,03 „	—0,12 „
q_4	„	„	9,1 „		2,66 „	1,06 „
q_5	„	„	0,2 „		0,06 „	0,02 „
q_6	„	„	4,0 „		1,10 „	0,40 „

Tabel 30.

Electrocardiogram 288. Berekend met behulp van normaalkromme 286. Lichaamsweerstand = 6 610 Ohm.

	s	η	y	$y+\eta$	$\frac{y+\eta}{10a}.v$	$P=\frac{y+\eta}{a}$
p_1	90,0 mm	0,9 mm	0,2 mm	1,1 mm	0,36 mm	0,14 millidan.
p_2	—85,0 „	—1,0 „	—0,1 „	—1,1 „	—0,36 „	—0,14 „
p_3	5,6 „	11,1 „	4,0 „	15,1 „	5,00 „	2,00 „
p_4	—3,8 „	—13,0 „	2,5 „	—10,5 „	—3,50 „	—1,38 „
p_5	19,2 „	4,2 „	5,0 „	9,2 „	3,05 „	1,22 „
p_6	—18,0 „	—4,5 „	5,0 „	0,5 „	0,16 „	0,02 „
q_1	8	0	0 mm		0 mm	0 millidan.
q_2	„	„	0,5 „		0,16 „	0,02 „
q_3	„	„	—0,3 „		—0,10 „	—0,04 „
q_4	„	„	5,3 „		1,70 „	0,72 „
q_5	„	„	—1,2 „		—0,39 „	0,15 „
q_6	„	„	7,2 „		2,38 „	0,95 „

Tabel 31.

Electrocardiogram 289. Berekend met behulp van normaalkromme 286. Lichaamsweerstand = 5 820 Ohm.

	s	η	y	$y+\eta$	$\frac{y+\eta}{10\,a}.v$	$P=\frac{y+\eta}{a}$
p_1	110,0 mm	0,8 mm	0,2 mm	1,0 mm	0,36 mm	0,13 millidan.
p_2	—52,2 „	—1,2 „	—1,0 „	—2,2 „	—0,725 „	—0,30 „
p_3	3,7 „	13,1 „	3,4 „	16,5 „	5,40 „	2,10 „
p_4	—3,6 „	—13,2 „	0 „	—13,2 „	—4,30 „	—1,70 „
p_5	22,0 „	3,6 „	2,5 „	6,1 „	2,02 „	0,81 „
p_6	—32,6 „	—2,5 „	3,0 „	0,5 „	0,16 „	0,02 „
q_1	∞	0	0 mm		0 mm	0 millidan.
q_2	„	„	0,4 „		0,13 „	0,05 „
q_3	„	„	—1,0 „		—0,35 „	—0,13 „
q_4	„	„	3,6 „		1,20 „	0,46 „
q_5	„	„	—3,8 „		—1,21 „	—0,50 „
q_6	„	„	3,2 „		1,06 „	0,42 „

Tabel 32.

Electrocardiogram 293. Berekend met behulp van normaalkromme 286. Lichaamsweerstand = 8 020 Ohm.

	s	η	y	$y+\eta$	$\frac{y+\eta}{10\,a}.v$	$P=\frac{y+\eta}{a}$
p_1	68,5 mm	1,1 mm	0,5 mm	1,6 mm	0,54 mm	0,22 millidan.
p_2	—36,0 „	—2,4 „	—0,2 „	—2,6 „	—0,86 „	—0,34 „
p_3	5,2 „	11,5 „	2,5 „	14,0 „	4,63 „	1,85 „
p_4	—10,5 „	—7,5 „	4,0 „	—3,5 „	—1,16 „	—0,46 „
p_5	33,0 „	2,6 „	2,5 „	5,1 „	1,69 „	0,67 „
p_6	—42,5 „	—2,0 „	3,0 „	1,0 „	0,36 „	0,13 „
q_1	∞	0	0 mm		0 mm	0 millidan.
q_2	„	„	1,0 „		0,36 „	0,13 „
q_3	„	„	—0,3 „		—0,10 „	—0,04 „
q_4	„	„	5,4 „		1,78 „	0,71 „
q_5	„	„	0,8 „		0,27 „	0,11 „
q_6	„	„	4,0 „		1,32 „	0,53 „

Tabel 33.

Electrocardiogram 294. Berekend met behulp van normaalkromme 286. Lichaamsweerstand = 7 200 Ohm.

	s	η	y	$y+\eta$	$\frac{y+\eta}{10a}\ v$	$P=\frac{y+\eta}{a}$
p_1	100,0 mm	0,9 mm	0,2 mm	1,1 mm	0,36 mm	0,14 millidan.
p_2	−30,3 „	−2,8 „	−1,0 „	−3,8 „	−1,20 „	−0,50 „
p_3	5,0 „	11,7 „	2,0 „	13,7 „	4,50 „	1,80 „
p_4	−6,4 „	−10,4 „	3,5 „	−6,9 „	−2,28 „	−0,91 „
p_5	39,5 „	2,2 „	0,5 „	2,7 „	0,88 „	0,36 „
p_6	−72,0 „	−1,2 „	1,0 „	−0,2 „	−0,07 „	−0,03 „
q_1	∞	0	0 mm		0 mm	0 millidan.
q_2	„	„	0,6 „		0,21 „	0,07 „
q_3	„	„	−1,2 „		−0,39 „	−0,15 „
q_4	„	„	5,0 „		1,60 „	0,60 „
q_5	„	„	−1,6 „		−0,53 „	−0,20 „
q_6	„	„	1,5 „		0,49 „	0,19 „

Vergelijkt men de direct geregistreerde electrocardiogrammen van plaat I met de definitieve constructies van plaat II en let men op de groote verschillen, die de beide groepen van figuren met elkaar vertoonen, dan ziet men de beteekenis van de bovenstaande tabellen gemakkelijk in. Alleen de figuren van plaat II zijn de juiste uitdrukking van de schommelingen in potentiaalverschil, die hebben plaats gegrepen. Zij zijn zóó geconstrueerd, dat 1 seconde als absceslengte gelijk gemaakt is aan 10 millidaniell als ordinaatlengte. In ieder geconstrueerd electrocardiogram onderscheiden wij vijf toppen (zie plaat II fig. 1), waarvan P, R en T een negativiteit der hartbasis aangeven ten opzichte van de hartpunt en Q en S een negativiteit van de hartpunt ten opzichte van de basis.

Vragen wij ons thans af, welke verschillen het *normale* electrocardiogram in de hoogte, de scherpte en den duur dezer toppen vertoonen kan.

Om deze vraag te beantwoorden, vergelijken wij in de eerste plaats de uitkomst van een aantal metingen van electrocardiogrammen, die bij stroomafleiding van de beide handen van 17 verschillende personen zijn verkregen. Deze werden alle zoo goed mogelijk in gelijke omstandigheden geplaatst. Ieder van hen was gedurende het registreeren rustig op een stoel gezeten en liet de twee armen slap langs het lichaam hangen. Elke hand was tot over den pols in een groote, met een éénprocents keukenzoutoplossing gevulde poreuse pot gedompeld, die zelve in een glazen cylinder stond. De laatste was met een verzadigde oplossing van sulfas zincicus gevuld, waarin zich een blad van geamalgameerd zink bevond, dat met een der polen van den capillair-electrometer geleidend was verbonden. De metingsresultaten [1]) zijn in de onderstaande tabellen 34 en 35 vereenigd.

Tabel 34.

Naam.	Geslacht.	Leeftijd.	Nummer van de plaat.	De waarden der verschillende toppen in millidaniells uitgedrukt.				
				P De hartpunt is positief.	*Q* De hartpunt is negatief.	*R* De hartpunt is positief.	*S* De hartpunt is negatief.	*T* De hartpunt is positief.
v. d. W.	m.	53 j.	213	0,31	—0,48	1,46	—0,26	0,33
Bm.	„	20 „	216	0,21	—0,17	0,83	—0,81	0,36
d. Gr.	„	23 „	298	0,13	—0,30	0,86	—0,45	0,44
d. Jg.	„	22 „	300	0,07	—0,06	0,45	—0,44	0,21
Wr.	„	22 „	302	0,07	—0,13	0,66	—0,45	0,22
Fs.	„	22 „	303	0,13	—0,14	1,28	—0,78	0,42

1) Onder de bovengenoemde metingsresultaten is niet opgenomen het twaalftal electrocardiogrammen van de tabellen 22 tot 33, daar deze niet bij stroomafleiding van de beide handen zijn verkregen. Zie hierover Hfdst. IV en volgende.

Naam.	Geslacht.	Leeftijd.	Nummer van de plaat.	De waarden der verschillende toppen in millidaniells uitgedrukt.				
				P De hartpunt is positief.	*Q* De hartpunt is negatief.	*R* De hartpunt is positief.	*S* De hartpunt is negatief.	*T* De hartpunt is positief.
v. d. L.	m.	24 j.	304	0,07	—0,11	1,00	—0,23	0,15
L. N. F.	„	23 „	305	0,13	—0,17	0,95	—0,30	0,41
J. L.	„	22 „	308	0,13	—0,22	0,92	—0,34	0,38
A. Ws.	„	50 „	309	0,09	—0,12	0,76	—0,13	0,25
Kg.	„	25 „	310	0,11	—0,14	1,11	—0,26	0,34
P. L.	„	22 „	312	0,12	—0,22	1,09	—0,41	0,38
W. E.	„	35 „	316	0,075	—0,12	0,75	—0,19	0,20
M.A.J.G.	„	32 „	317	0,11	—0,17	0,86	—0,09	0,53
J. E.	„	33 „	325	0,13	—0,145	1,08	—0,54	0,33
R. Ws.	„	9 „	332	0,13	—0,60	1,13	—0,18	0,39
W. Ws.	„	4 „	333	0,12	—0,33	1,10	—0,39	0,34
Gemiddeld . . .				0,125	—0,21	0,96	—0,37	0,33

Tabel 35.

Naam.	Nummer van de plaat.	Duur der verschillende onderdeelen in seconden uitgedrukt.						
		P	*Q*	*R*	*S*	*T*	Eerste deel tot het begin van *R*.	Tweede deel tot het einde van *T*.
v. d. W.	213	0,04	0,035	0,02	0,10	0,125	0,11	0,305
Bm.	216	0,04	0,025	0,03	0,08	0,125	0,11	0,30
d. Gr.	298	0,04	0,03	0,03	0,075	0,12	0,11	0,31
d. Jg.	300	0,04	0,02	0,03	0,08	0,12	0,13	0,31
Wr.	302	0,04	0,02	0,02	0,06	0,12	0,12	0,31
Fs.	303	0,05	0,04	0,03	0,06	0,16	0,16	0,32
v. d. L.	304	0,03	0,03	0,03	0,08	0,12	0,12	0,30
L. N. F.	305	0,04	0,03	0,02	0,075	0,16	0,11	0,31
J. L.	308	0,04	0,02	0,02	0,08	0,16	0,12	0,34
A. Ws.	309	0,04	0,03	0,02	0,055	0,12	0,16	0,32
Kg.	310	0,04	0,03	0,02	0,08	0,14	0,12	0,32
P. L.	312	0,045	0,04	0,02	0,09	0,16	0,13	0,35
W. E.	316	0,04	0,04	0,03	0,075	0,12	0,13	0,33
M.A.J.G.	317	0,04	0,02	0,03	0,08	0,16	0,12	0,36
J. E.	325	0,04	0,04	0,02	0,085	0,14	0,13	0,30
R. Ws.	332	0,04	0,02	0,02	0,075	0,16	0,16	0,31
W. Ws.	333	0,04	0,02	0,02	0,08	0,14	0,14	0,30
Gemiddeld. .		0,04	0,03	0,02	0,08	0,13	0,12	0,32

De leeftijd, in de derde kolom van de bovenstaande tabel 34 vermeld, is voor vele der onderzochte personen, die niet in het bijzonder op dit punt ondervraagd zijn, geschat. De schatting kan uit den aard der zaak slechts onnauwkeurig zijn, doch een groote nauwkeurigheid schijnt hier geheel en al overbodig, daar wij bij onze metingen geen verband tusschen den leeftijd en den vorm van het electrocardiogram hebben kunnen ontdekken.

Wij zien, dat de grootste top R, die een negativiteit der hartbasis ten opzichte van de hartpunt aangeeft, bij de 17 onderzochte individuen wisselt tusschen een bedrag van 0,45 tot 1,46 millidaniell en gemiddeld 0,96 millidaniell bedraagt.

De andere toppen zijn kleiner en vertoonen, in absolute maat uitgedrukt, minder verschil.

P schommelt tusschen 0,07 en 0,31 en bedraagt gemiddeld 0,125 millidan.
Q „ „ 0,06 „ 0,48 „ „ „ 0,21 „
S „ „ 0,09 „ 0,81 „ „ „ 0,37 „
T „ „ 0,15 „ 0,53 „ „ „ 0,33 „

Letten wij in plaats van op de absolute, op de relatieve verschillen, dan is R de meest constante top; daarna volgt T en vervolgens komen P, Q en S, zooals uit de volgende tabel blijken kan, waarin het grootste en het kleinste bedrag van iederen top in procenten van het gemiddelde bedrag worden opgegeven.

Tabel 36.

	Grootste bedrag in procenten van het gemiddelde.	Kleinste bedrag in procenten van het gemiddelde.
P	248,00	56,00
Q	228,57	28,57
R	152,08	46,87
S	218,91	24,32
T	160,60	45,45

Daar dus R behalve de hoogste ook nog de meest constante top is, mag hij als de belangrijkste worden aangemerkt.

De vorm der toppen wordt behalve door hun hoogte nog door hun duur bepaald. De duur van

P	schommelt	tusschen	0,045	en	0,03	sec.	en bedraagt	gemiddeld	0,04 sec.
Q	„	„	0,02	„	0,04	„	„	„	0,03 „
R	„	„	0,02	„	0,03	„	„	„	0,02 „
S	„	„	0,055	„	0,10	„	„	„	0,08 „
T	„	„	0,12	„	0,16	„	„	„	0,13 „

Hieruit zien wij, dat Q en R korter van duur, dus scherper, P, S en T langer van duur, dus stomper zijn.

Omtrent de nauwkeurigheid der verkregen uitkomsten merken wij op, dat het niet gemakkelijk is, de grootte der fouten met juistheid te berekenen. In 't algemeen kunnen er vier oorzaken van fouten worden genoemd:

1e. afwijkingen en gebreken van den capillair-electrometer zelven.

2e. onregelmatigheden in de beweging der gevoelige plaat.

3e. gebreken in de projectie en trillingen der omgeving.

4e. onnauwkeurige uitmeting der geregistreerde krommen.

De fouten onder 2e en 3e genoemd, zijn bij de door ons gebruikte inrichting zeker zóó klein, dat zij zonder het minste bezwaar mogen verwaarloosd worden. De fouten, door onnauwkeurige meting (4e) veroorzaakt, zijn eveneens gering. Zij kunnen beoordeeld worden door een zelfde kromme meerdere malen uit te meten of wel door haar door verschillende personen te doen uitmeten en de aldus verkregen uitkomsten onderling te vergelijken. Maar de belangrijkste fout schuilt in den capillair-electrometer zelven en hoewel wij ons veel moeite hebben getroost om steeds een exemplaar te kunnen gebruiken, dat zoo nauwkeurig mogelijk

werkte, moesten wij ons toch dikwijls, om het onderzoek niet al te zeer te verlengen, met de eenmaal gereedgemaakte haarbuizen behelpen. De gebreken van den capillair-electrometer kunnen eenigermate beoordeeld worden uit den vorm der constantenkrommen, die geconstrueerd zijn naar de gegevens, welke aan verschillende normaalkrommen zijn ontleend. De beweging van het kwik in de capillaire buis kan een weinig verschillen al naarmate de bewegingsrichting kwikwaarts of zwavelzuurwaarts is, het nulpunt van den capillair-electrometer kan gedurende een waarnemingsreeks worden gewijzigd en wellicht zijn nog andere oorzaken voor onregelmatigheden werkzaam. Deze moeten alle hun uitdrukking vinden in vormveranderingen der constantenkrommen. Daar nu uit de vergelijking van een aantal krommen — die bij een zelfden capillair-electrometer behooren en met een zelfden weerstand correspondeeren — blijkt, dat de afwijkingen van een gemiddelde zoo goed als steeds onder het bedrag van 0,1 millidaniell blijven, hebben wij goeden grond om te vermoeden, dat ook de fout in de opgegeven hoogte der groote toppen — met name der toppen R — in den regel minder dan 0,1 millidaniell bedraagt. Slechts bij uitzondering, bijv. bij de grootste toppen, die in het volgend hoofdstuk worden vermeld, kan het bedrag der fout hooger zijn.

De kleinere toppen zijn relatief onnauwkeuriger, daarentegen in absolute maat uitgedrukt, veel nauwkeuriger dan de grootere.

HOOFDSTUK IV.

De invloed der frequentie van den hartslag op den vorm van het electrocardiogram.

Men kan den vorm van het normale electrocardiogram met het oog op pathologische afwijkingen eerst dan voldoende leeren kennen, wanneer men niet alleen personen onderzoekt, die alle zoo goed mogelijk in gelijke omstandigheden worden gebracht, doch ook rekening houdt met den invloed van de meest verschillende voorwaarden, waaronder een normaal persoon kan worden onderzocht.

Gaan wij in de eerste plaats den invloed na van een veranderde polsfrequentie. Er werd een electrocardiogram geregistreerd van een persoon, die langeren tijd gerust had. Hij moest daarna zware gewichten heffen, hard loopen, snel en herhaald trappen klimmen, — welke laatste beweging nog de meeste uitwerking bleek te hebben, — en onmiddellijk daarop weder dezelfde houding aannemen, waarin hij zich bevond bij het schrijven van het electrocardiogram vóór de uitvoering der lichaamsbeweging. Alsnu werd er opnieuw een electrocardiogram geregistreerd. Om de verschillen in de krommen zoo duidelijk mogelijk te

doen uitkomen, legden wij de electroden op die plaatsen van het lichaam aan, die de grootste schommelingen in potentiaalverschil vertoonen. Zooals in hoofdstuk VI nog nader zal worden aangetoond, moeten als zoodanig worden aangemerkt aan den eenen kant de borstwand nabij den apex cordis, aan den anderen kant de rechter schouder of de rechter arm. De te onderzoeken persoon dompelde zijn rechter arm in een met keukenzoutoplossing gevuld vat, zooals in het vorige hoofdstuk reeds werd beschreven. Als tweede electrode werd eerst een poreuse pot van middelbare grootte uit een Bunsen-element gebruikt. Deze was met een verzadigde oplossing van sulfas zincicus gevuld en met een ebonieten plaat waterdicht gesloten. Door de ebonieten plaat stak een staaf geamalgameerd zink, die geleidend met een der polen van den capillair-electrometer was verbonden. De bodem der poreuse pot was met zeemleder bedekt, dat in een éénprocents keukenzoutoplossing was gedrenkt en werd òf direct tegen de regio cordis aangehouden òf tegen linnen doeken gedrukt, die meermalen gevouwen en eveneens met een éénprocents keukenzoutoplossing gedrenkt, op den borstwand gelegd werden. Deze electrode had het groote nadeel, dat kleine verschuivingen ten opzichte van den borstwand schommelingen in potentiaalverschil ten gevolge hadden, waarmede de rhythmische schommelingen van het electrocardiogram werden gecompliceerd.

Was de persoon, die onderzocht werd, zeer rustig, dan kon er voor gezorgd worden, dat er geen verschuiving der electrode plaats greep, doch had hij sterke lichaamsbeweging genomen en ademde hij daardoor diep en frequent, dan kwamen er rhythmische schommelingen in het electrocardiogram voor den dag, die dezelfde frequentie als de adembewegingen hadden en dus hierdoor moesten zijn veroorzaakt. Wij overwonnen bovenstaande bezwaren op afdoende wijze

door van de volgende inrichting gebruik te maken. Een glazen trechter, welks rand, 9,5 centimeter in diameter, met een caoutchouc ring was omgeven, werd met een één-procents keukenzoutoplossing gevuld en tegen de regio cordis aangehouden. De caoutchouc ring maakte het mogelijk om, zonder pijn te veroorzaken, den trechter stevig tegen den borstwand te drukken en zoodoende een waterdichte verbinding te verkrijgen. Een eveneens met keukenzoutoplossing gevulde, 85 cm lange, 13 mm wijde caoutchouc slang verbond den hals van den trechter met de poreuse pot der onpolaseerbare electrode van het vorige hoofdstuk, die om onnoodige drukverschillen te vermijden, op ongeveer dezelfde hoogte als de glazen trechter geplaatst werd.

Om de vulling van den trechter te vergemakkelijken was er een zijwaartsche opening in aangebracht, die met een kurk kon worden afgesloten. Men kon den trechter bewegen, de keukenzoutoplossing schudden en verplaatsen, zonder dat daardoor merkbare electromotorische krachten werden verwekt; ook hadden onder deze omstandigheden de diepste adembewegingen geen invloed meer op den vorm van het electrocardiogram.

Gedurende het photographeeren was de glazen trechter met een band om de borst bevestigd.

De geregistreerde krommen.

Wij hebben de beschikking over 51 platen met electrocardiogrammen, die genomen zijn om den invloed van vermeerderde polsfrequentie te onderzoeken. Hiervan zijn 12 gedeeltelijk afgebeeld op plaat I. De figuren 1, 3, 5, 7, 9 en 11 zijn electrocardiogrammen van 6 verschillende personen, die vóór de genomen lichaamsbeweging werden onderzocht; de figuren 2, 4, 6, 8, 10 en 12 zijn electro-

cardiogrammen van dezelfde 6 personen na de lichaamsbeweging.

Het is gemakkelijk een constant voorkomend verschil tusschen de eerste en de tweede groep op te merken en wel in het gedeelte der kromme, dat tusschen de toppen C en D is gelegen. Zonder uitzondering wordt hier (C_1) de hartbasis, waar zij negatief was ten opzichte van de punt, minder negatief of zelfs positief, zie de figuren 1 en 2, 5 en 6, 7 en 8, 11 en 12 en waar zij reeds positief was, sterker positief, zie de figuren 3 en 4, 9 en 10.

Bij groote polsfrequentie krijgen de electrocardiogrammen den schijn, alsof zij in elkaar loopen, zie fig. 10. Dit geldt echter alleen de direct geregistreerde krommen; de constructie kan leeren, dat de wisselingen in potentiaalverschil zoo goed als volkomen van elkaar gescheiden blijven.

Verder zien wij, dat bij sommige personen de top D bij lichaamsbeweging in grootte toeneemt (zie bijv. Pl. I fig. 5 en 6), daarentegen bij anderen afneemt (zie bijv. fig. 7 en 8, 9 en 10, 11 en 12).

Wij achten het overbodig op nog andere inconstante verschillen te wijzen en willen alleen nog opmerken, dat de niet afgebeelde 39 overige platen met de afgebeelde in hoofdzaak overeenkomen.

De geconstrueerde electrocardiogrammen.

In de onderstaande tabel vereenigen wij de resultaten van de meting van 20 electrocardiogrammen. Zij komt overeen met tabel 34 van het vorige hoofdstuk, alleen zijn geslacht en leeftijd niet vermeld, doch is daarvoor in de plaats opgegeven, hoe groot de frequentie van den hartslag was en of het electrocardiogram vóór of na de lichaamsbeweging is genomen. Verder is nog in de laatste drie kolommen de

duur van het eerste deel, van het tweede deel en van het geheele electrocardiogram vermeld.

Tabel 37.

Naam van den persoon.	Aantal hartslagen per min.	Vóór de lichaamsbeweging = *v*, daarna = *n*.	Nummer der plaat.	De waarden der verschillende toppen in millidaniells uitgedrukt.					Duur in seconden van het		
				P	*Q*	*R*	*S*	*T*	1e deel (tot het begin van *R*)	2e deel (tot het einde van *T*)	geheel.
d. Lt.	62	v	238	0,30	—0,23	1,60	—1,40	0,65	0,13	0,34	0,47
„	83	n	240	0,25	—0,23	2,00	—1,70	0,74	0,13	0,33	0,46
„	67	v	282	0,19	—0,08	1,77	—0,53	0,48	0,13	0,32	0,45
„	114	n	284	0,11	—0,24	1,71	—1,04	0,88	0,13	0,30	0,43
Bl.	98	v	250	0,23	-0,58	2,04	—0,71	0,68	0,14	0,32	0,46
„	104	n	252	0,24	—0,61	2,73	—1,17	1,04	0,14	0,32	0,46
„	104	n	253	0,19	—0,66	2,66	—0,96	0,82	0,14	0,28	0,42
Bm.	90,5	v	255	0,29	-0,405	2,03	—1,69	1,03	0,15	0,31	0,46
„	95	n	256	0,28	—0,50	1,60	—2,47	1,27	0,15	0,31	0,46
Gn.	85	v	261	0,12	—0,16	1,16	—0,57	0,73	0,12	0,29	0,41
„	104	n	264	0	—0,33	1,07	—0,86	1,04	0,12	0,28	0,40
Vs.	67	v	270	0,12	—0,42	3,55	—0,35	0,94	0,12	0,34	0,46
„	67	v	271	0,11	- 0,36	2,51	—0,52	0,97	0,11	0,36	0,47
„	102	n	272	0,08	—0,43	3,11	—0,81	0,80	0,13	0,29	0,42
„	102	n	273	0,11	—0,47	3,24	—0,67	0,71	0,13	0,31	0,44
Bs.	90,5	v	288	0,14	- 0,14	2,00	—1,38	1,22	0,14	0,32	0,46
„	106	n	289	0,13	—0,30	2,10	-1,70	0,80	0,14	0,29	0,43
v. d. W.	67	v	292	0,21	—0,33	1,90	—0,45	0,58	0,15	0,30	0,45
„	67	v	293	0,22	—0,34	1,85	—0,46	0,67	0,14	0,32	0,46
„	88	n	294	0,14	—0,50	1,80	—0,91	0,36	0,14	0,32	0,46

De bovenstaande tabel geeft aanleiding tot verschillende opmerkingen, die echter gemakkelijker kunnen worden gevolgd, wanneer wij de verkregen cijfers op andere wijze groepeeren.

In de volgende tabel 38 hebben wij alleen de verschillen in de waarden der toppen en in den duur van het electrocardiogram weergegeven. In de 2e kolom vindt men de nummers der platen: de paren, die door accoladen zijn verenigd, hebben gediend om gemiddelde waarden te berekenen, welke laatste in de tabel zijn opgenomen. In de

Tabel 38.

Naam van den persoon.	Nummers der platen.	Verschil in frequentie van den hartslag.	Verschil in hoogte van de verschillende toppen, uitgedrukt in millidaniells.					Verschil in duur, uitgedrukt in seconden.		
			P	*Q*	*R*	*S*	*T*	1e deel.	2e deel.	het geheel.
d. Lt.	238 en 240	83—62 =21	—0,05	0	0,40	0,30	0,09	0	0,01	0,01
„	282 „ 284	114—67 =47	—0,08	0,14	—0,06	0,51	0,40	0	0,02	0,02
Bl.	250 „ 252/253	104—98 = 6	—0,015	0,055	0,655	0,355	0,25	0	0,02	0,02
Bm.	255 „ 256	95—90 = 5	—0,01	0,095	—0,43	0,78	0,24	0	0	0
Gn.	261 „ 264	104—85 =19	—0,12	0,17	—0,09	0,29	0,31	0	0,01	0,01
Vs.	270/271 „ 272/273	102—67 =35	—0,02	0,06	0,145	0,305	—0,2	—0,015	0,05	0,035
Bs.	288 „ 289	106—90,5=15,5	- 0,01	0,16	0,1	0,32	0,42	0	0,03	0,03
v. d. W.	292/293 „ 294	88—67 =21	—0,075	0,165	0,075	0,455	—0,265	0,005	—0,01	—0,005

kolommen 4 tot 8 zijn de verschillen in hoogte der toppen aangegeven, uitgedrukt in millidaniells. Wanneer na de lichaamsbeweging de hoogte is toegenomen wordt het verschil positief, wanneer de hoogte is afgenomen, negatief genoemd. Daarentegen noemen wij het verschil in duur positief, wanneer door de lichaamsbeweging de duur afgenomen, negatief, wanneer hij toegenomen is, zie de kolommen 9, 10 en 11. De beteekenis der overige kolommen is in de tabel zelve reeds aangeduid en behoeft hier geen nadere toelichting.

Wij leeren uit de tabel, dat de toppen R en T bij versnelde hartsactie nu eens worden vergroot, dan weer verkleind. Berekent men de gemiddelde waarde der verandering, dan blijkt, dat

R vergroot wordt met een bedrag van gemidd. 0,10 millidan. en dat
T „ „ „ „ „ „ „ 0,16 „ .

De toppen P, Q en S worden op constante wijze veranderd: zonder uitzondering wordt P steeds verkleind en worden Q en S steeds vergroot.

De verkleining van P bedraagt maximaal 0,12, gemidd. 0,05 millid.
„ vergrooting „ Q „ „ 0,17, „ 0,11 „
„ „ „ S „ „ 0,78, „ 0,41 „

De vergrooting van S bereikt het hoogste bedrag en moet als de belangrijkste verandering worden aangemerkt, die door een versnelde hartsactie in den vorm van het electrocardiogram wordt teweeg gebracht. Dit kon reeds bij de beschouwing der direct geregistreerde krommen vóór de uitmeting worden vermoed.

Het blijkt uit tabel 38 niet voldoende duidelijk, of er in 't algemeen verband bestaat tusschen het bedrag van de frequentieverandering en het bedrag van de verandering der verschillende toppen. Men zou dit punt alleen dan met eenige

juistheid kunnen beoordeelen, wanneer men over een grooter aantal waarnemingen te beschikken had en de electrocardiogrammen had uitgemeten van eenige personen, die ieder op zich zelf bij een aantal verschillende polsfrequenties waren onderzocht. In onze tabel verkeert alleen *d. Lt.* in dit geval en bij hem zien wij de verwachting bevestigd, dat bij sterkere toeneming der frequentie de toeneming der regelmatig veranderde toppen *P*, *Q* en *S* ook wordt vermeerderd.

Onze opmerkingen over de verandering in duur van de beide deelen van het electrocardiogram kunnen kort zijn. De tabel toont duidelijk aan, dat het eerste gedeelte zoo goed als steeds onveranderd blijft, het tweede gedeelte daarentegen bij vermeerderde hartsfrequentie zoo goed als steeds wordt verkort. Al deze uitkomsten zijn in overeenstemming met hetgeen ons op Pl. II door de constructies aanschouwelijk wordt voorgesteld. De twaalf constructies dezer plaat correspondeeren met de twaalf photogrammen van Pl. I.

De beteekenis van den invloed der polsfrequentie op den vorm van het electrocardiogram, in 't bijzonder de beteekenis voor de beoordeeling der hartswerking wordt in het laatste hoofdstuk ter sprake gebracht.

HOOFDSTUK V.

De invloed der lichaamshouding.

Om den invloed der lichaamshouding op den vorm van het electrocardiogram te onderzoeken, leidden wij den stroom af van de beide armen van een persoon, die zich eerst op de linker, daarna op de rechter zijde had gelegd. Als onpolariseerbare electroden deden de poreuse potten uit de Bunsen-elementen dienst, die reeds in het vorige hoofdstuk zijn vermeld. Om de handen en een deel der onderarmen waren doeken gewikkeld, die met een éénprocents keukenzoutoplossing waren gedrenkt en waartegen de met sulfas zincicus gevulde poreuse potten werden aangedrukt.

Drie personen leenden zich tot het onderzoek en leverden elk twee reeksen van electrocardiogrammen op.

De direct geregistreerde krommen vertoonen reeds dadelijk een duidelijken invloed der lichaamshouding. Bij ligging op de linker zijde zijn de toppen A en B veel kleiner dan bij ligging op de rechter zijde, ja zij verdwijnen bijna geheel, terwijl het deel der kromme tusschen C en D, dat boven de as der abscissen gelegen is, daalt en zelfs bij een der drie personen een scherpen top C_1 onder de as der abscissen vormt.

De resultaten der metingen en der methodische constructies vindt men in de beide onderstaande tabellen vereenigd, die wat haar samenstelling aangaat, geheel met de twee vorige tabellen zijn te vergelijken. Zij behoeven nauwelijks een nadere toelichting.

Alleen zij bij tabel 40 vermeld, dat wij het onderzoek steeds begonnen met den persoon liggende op de rechter zijde. Indien een top bij de wenteling van den persoon op de linker zijde in hoogte toeneemt, noemen wij het verschil positief, wanneer hij afneemt, negatief.

Tabel 39.

Naam van den persoon.	Ligging op de rechter zijde = *r*, op de linker zijde = *l*.	Nummer der plaat.	De waarden der verschillende toppen, uitgedrukt in millidaniells.				
			P	*Q*	*R*	*S*	*T*
d Lt.	r	224	0,17	— 0,32	1,21	—0,50	0,41
	l	225	0	0	0,655	—0 655	0,37
v. d. W.	r	226	0,18	— 0,44	1,25	—0,17	0,41
	l	227	0,15	— 0,26	1,06	—0,34	0,33
Bm.	r	230	0,15	— 0,21	0,79	—0,46	0,32
	l	231	0	0	0,74	—0,76	0,29

Tabel 40.

Naam van den persoon.	Nummers der platen.	Verschil in hoogte der toppen, uitgedrukt in millidaniells.				
		P	*Q*	*R*	*S*	*T*
d. Lt.	224 en 225	—0,17	—0,32	—0,555	0,155	—0,04
v. d. W.	226 en 227	—0,03	—0,18	—0,19	0,17	—0,08
Bm.	230 en 231	—0,15	—0,21	—0,05	0,30	—0,03

Wij zien, dat de metingsresultaten het vermoeden, dat door de directe beschouwing der geregistreerde krommen werd verwekt, volkomen bevestigen. De toppen P en Q van het geconstrueerde electrocardiogram verdwijnen bijna geheel, wanneer de waargenomen persoon op de linker zijde ligt, terwijl top S in grootte toeneemt. De beide toppen R en T worden verkleind, doch naar evenredigheid veel minder dan P en Q.

Wij komen op deze verschillen en hunne verklaring terug, wanneer wij in het laatste hoofdstuk de verklaring van het geheele electrocardiogram ter sprake brengen.

De duur van het electrocardiogram wordt door een liggingsverandering van de rechter op de linker zijde niet gewijzigd.

HOOFDSTUK VI.

De invloed der plaatsen, van welke de electrische stroom wordt afgeleid.

Waller [1]) onderscheidt gunstige combinaties van lichaamsdeelen, tusschen welke de rhythmische schommelingen in potentiaalverschil groot en ongunstige combinaties, waarbij die schommelingen klein zijn. Wij hebben getracht de grootte dezer schommelingen in maat en getal uit te drukken. Daartoe leidden wij den stroom bij eenige personen van zeer verschillende plaatsen van het lichaam af. De electroden waren steeds naar het principe van du Bois-Reymond samengesteld en hadden de verschillende vormen, zooals die reeds in de vorige hoofdstukken zijn beschreven geworden [2]).

1) Aug. D. Waller. On the electromotive changes connected with the beat of the mammalian heart and of the human heart in particular. Philosoph. Transact. of the Royal Society of Londen. 1889, vol. 180. B. p. 169.

2) Bij afleiding van den mond werd het met keukenzoutoplossing gedrenkte einde der electrode direct in den mond genomen.

De 23 platen met reeksen van electrocardiogrammen, die tot onze beschikking staan, bevestigen in hoofdzaak Waller's waarnemingen.

Evenals hij moeten wij in het algemeen tot de gunstige combinaties rekenen: rechter hand, rechter scapula, voorhoofd en mond aan den eenen kant tegenover apex cordis, linker hand, linker voet, rechter voet aan den anderen kant, terwijl door elk paar plaatsen, die wij tot een zelfden kant hebben gerekend, een minder gunstige combinatie wordt gevormd.

De direct geregistreerde krommen geven reeds duidelijk aan, dat van de verschillende combinaties, die wij toepasten, die van de punt van het hart en den rechter arm of het rechter schouderblad de gunstigste zijn en die van de beide voeten de ongunstigste.

Verder blijken alle toppen ongeveer in dezelfde verhouding grooter of kleiner te worden, zoodat de vorm van het geregistreerde electrocardiogram in zijn geheel ongeveer gelijk blijft. De verschillen, die zich hierbij nog voordoen, betreffen in hoofdzaak de minder constante toppen A en B en den inconstanten top C_1, welke laatste zich in de electrocardiogrammen van twee der drie onderzochte personen duidelijk vertoont, telkens wanneer de stroom van een paar der gunstigste plaatsen afgeleid wordt.

In de onderstaande tabel vereenigen wij de resultaten der metingen van 20 electrocardiogrammen. De getallen bevestigen de opmerkingen, die wij boven reeds bij de beschrijving der geregistreerde krommen ten beste gaven.

Tabel 41.

Naam van den persoon.	Nummer der plaat.	Combinatie.	De waarden der verschillende toppen in millidaniells uitgedrukt.				
			P	*Q*	*R*	*S*	*T*
de Lt.	238	rechter hand—punt van het hart	0,30	—0,23	1,75	—1,09	0,65
„	232	„ scapula— „	0,11	—0,10	0,90	—0,42	0,42
„	322	„ hand—linker voet	0,15	—0,09	0,92	—0,39	0,26
„	324	„ „ —rechter „	0,13	—0,12	0,87	—0,34	0,23
„	336	linker „ —voorhoofd	0,11	—0,07	0,87	—0,21	0,34
„	337	„ voet— „	0,11	—0,06	0,88	—0,21	0,27
„	338	„ „ —mond	0,13	—0,05	0,83	—0,17	0,26
„	320	„ hand—rechter voet	0,14	—0,23	0,82	—0,39	0,14
„	323	„ „ —linker „	0,09	—0,15	0,79	—0,29	0,14
„	321	rechter „ — „ „	0	0	0,17	—0,11	0,09
„	335	voorhoofd—rechter hand	0	0	0,19	—0,22	0,07
v. d. W.	292	rechter hand—punt van het hart	0,21	—0,33	1,90	—0,45	0,58
„	219	„ scapula— „	0,30	—0,50	1,90	—1,20	0,55
„	217	„ hand—linker voet	0,27	—0,59	1,20	—0,29	0,36
„	295	„ „ — „ hand	0,15	—0,71	1,51	—0,42	0,29
„	297	linker „ —punt van het hart	0,10	—0,30	1,10	—0,14	0,29
Bm.	255	rechter hand—punt van het hart	0,29	—0,405	2,03	—1,69	1,03
„	220	„ scapula— „	0,28	—0,35	1,50	—2,38	0,58
„	236	„ hand—linker hand	0,25	—0,15	1,02	—0,64	0,44
„	218	„ „ — „ voet	0,35	—0,40	1,50	—1,04	0,43

De gunstigste combinatie blijkt die van de punt van het hart met den rechter arm, n°. 238, 292, 255, te zijn of wel die van de punt van het hart met de rechter scapula, n°. 232, 219, 220.

De ongunstigste is die der beide voeten n°. 321.

Verder komt het in de tabel duidelijk voor den dag, dat de toppen *R* en *T* hun verhouding tot elkander beter bewaren dan de minder constante toppen *P*, *Q* en *S*.

Voor eenige nadere beschouwingen in verband met de verklaring en de beteekenis van het electrocardiogram verwijzen wij naar het volgende hoofdstuk.

HOOFDSTUK VII.

Slotbeschouwingen. De verklaring en de beteekenis van het electrocardiogram.

De kennis van het tijdstip, waarop de rhythmische schommeling in potentiaalverschil aanvangt en van het tijdstip, waarop deze eindigt, is van groot belang voor de verklaring van het electrocardiogram. Wij hebben daarom eenige tijdmetingen verricht en het electrocardiogram met het gewone cardiogram vergeleken.

Van een persoon, B m, wordt op de gewone wijze een electrocardiogram geschreven door stroomafleiding van de regio cordis nabij den apex en van den rechter arm. Tegelijkertijd wordt zijn ictus cordis geregistreerd.

Hiertoe wordt een luchtkussen tegen den thorax gehouden op de plaats, waar de ictus cordis het best te voelen is, terwijl een caoutchoucslang de bewegingen van het luchtkussen naar een registreertrommel overbrengt. De hefboom dezer laatste bevindt zich dicht vóór de spleet, waarop het beeld der haarbuis van den capillair-electrometer is geprojecteerd en schrijft een zwarte schaduwlijn op de gevoelige plaat, terwijl een stemvork van 50 geheele trillingen per seconde den tijd registreert.

De metingen der verkregen krommen geschieden met behulp van een netvormig verdeelde glazen schaal.

Wanneer wij het tijdstip, waarop het gewone cardiogram begint, vergelijken met het begin van top R in het electrocardiogram, dan zien wij, dat de laatste steeds vroeger verschijnt dan het eerste. Het verschil bedroeg bij tien verschillende metingen achtereenvolgens:

Tabel 42.

0,0517	sec.
0,0497	„
0,0537	„
0,0517	„
0,0517	„
0,0497	„
0,0497	„
0,0537	„
0,0517	„
0,0497	„
(A) gemiddeld 0,0502	sec.

Dit bedrag kan het gezochte verschil niet nauwkeurig wedergeven, omdat het luchttransport van den hartstoot naar de registreertrommel een grootere vertraging ondervindt, dan het electrische transport van de electroden naar den capillair-electrometer. Doch deze fout is gemakkelijk te corrigeeren. Hiertoe dient een afzonderlijke meting te worden gedaan van het bedrag der genoemde vertragingen of liever een meting van het verschil in vertraging tusschen het luchttransport en het electrische transport.

Wij bevestigden op het caoutchouc vlies van het luchtkussen een koperen knop en sloten, door met een metalen stift tegen den knop te drukken, plotseling een keten, waarin zich een Daniell-element bevond. Op deze wijze werd

een stroom, — welks sterkte met behulp van een nevensluiting in een weerstandsbank doelmatig gekozen was, — door den capillair-electrometer gezonden.

De druk tegen het luchtkussen werd door dezelfde caoutchouc buis, die bij het registreeren van den ictus cordis was gebruikt, naar de registreertrommel overgebracht. Het bleek, dat de hefboom dezer laatste zich eerst eenigen tijd na den kwikdraad van den capillair-electrometer begon te bewegen. Het tijdverschil bedroeg in zes verschillende gevallen:

Tabel 43.

	0,0201 sec.
	0,0200 „
	0,0200 „
	0,0200 „
	0,0205 „
	0,0210 „
(B) gemiddeld	0,0203 sec.

Het werkelijke tijdsverschil tusschen het begin van den top R en het begin van den ictus cordis bedraagt dus

$$A - B = 0{,}0299 \text{ sec.}$$

Hoe moet dit tijdsverschil worden verklaard en tot welke conclusies kan het ons leiden? Zie hier een paar vragen, die ten nauwste samenhangen met de volledige verklaring van het electrocardiogram zelf.

Terwijl Prof. Einthoven in zijn opstel over den vorm van het electrocardiogram dit laatste punt slechts kortelijks kon aanroeren en zich wegens gebrek aan voldoende gegevens moest bepalen tot het uitspreken van vermoedens, kunnen wij thans, bouwende op de resultaten van het onderzoek in dit proefschrift medegedeeld, een stap verder gaan. In de eerste plaats wordt door onze tijdmetingen de uit-

spraak van W a l l e r bevestigd, dat de rhythmische schommelingen in potentiaalverschil, die het electrocardiogram samenstellen, niet veroorzaakt worden door den arteriëelen pols. Deze laatste komt eerst veel later in de verschillende lichaamsdeelen aan. Zoo komt bijv. de carotispols bij denzelfden persoon B m 0,124 sec na het gewone cardiogram [1]), dus 0,154 sec. na het electrocardiogram. Verder kunnen wij met groote waarschijnlijkheid de voorkamersystole als de oorzaak van het eerste gedeelte van het electrocardiogram — de toppen *P* en *Q* — beschouwen, terwijl de kamersystole met het tweede gedeelte, uit de toppen *R*, *S* en *T* bestaande, correspondeert. Wel is waar begint het electrocardiogram nog ongeveer 0,03 seconde vóór het begin van den ictus cordis, maar het laat zich gemakkelijk begrijpen, dat de contractie in de kamerspier eerst zekere uitgebreidheid verkregen moet hebben, vóórdat de hartstoot zich als zoodanig doet gelden, terwijl toch de eerste sporen van contractie reeds onmiddellijk electromotorische krachten te voorschijn doen treden, die in het electrocardiogram hun uitdrukking vinden.

Wij plaatsen ons bij deze verklaring op het standpunt van die physiologen, welke geen verschil in latent stadium aannemen tusschen de electrische en de contractiele verschijnselen eener spier, doch willen niet nalaten te vermelden, dat men, een ander standpunt innemende, toch dezelfde verklaring kan blijven behouden. Men heeft dan het tijdsverschil van 0,03 sec. óf geheel óf gedeeltelijk als het verschil in latent stadium tusschen de bovengenoemde electrische en contractiele verschijnselen op te vatten.

De duur van de twee deelen van het electrocardiogram is in goede overeenstemming met de door ons gegeven ver-

---

1) Zie „Het registreeren der hartstonen". Onderzoek. physiol. laborat. Leiden, 2e Reeks, Dl. II, p. 1.

klaring, 0,13 sec. voor de voorkamer- en 0,32 sec. voor de kamersystole. Marey[1]) geeft voor de voorkamersystole van het paard 0,17, voor de kamersystole 0,45 sec. op. Deze tijden zijn door ons berekend uit de door hem gepubliceerde krommen; zij zijn een weinig langer dan dezelfde stadia van den menschelijken hartslag.

Voor de kamersystole vond

Volkmann[2]) bij een polsfreq. van 84 slagen per min. 0,375 sec.

Donders[3]) bij een polsfreq. van 74 tot 94 slagen per min. 0,327 tot 0,301 sec.

Landois bij een polsfreq. van 55 tot 65 slagen per min. 0,327 tot 0,300 sec.

Edgren bij een polsfreq. van 70 slagen per min. 0,379 sec.

Thurston bij een polsfreq. van 47 tot 128 slagen per min. 0,347 tot 0,256 sec.

Einthoven en Geluk[4]) bij een polsfreq. van 70 tot 85 slagen per min. 0,346 tot 0,312 sec.

Bij vermeerderde polsfrequentie vonden wij den duur van het eerste gedeelte van het electrocardiogram, dat met de voorkamersystole correspondeert, nagenoeg onveranderd, den duur van het tweede gedeelte, dat met de kamersystole correspondeert, een weinig verkort.

Gaan wij thans over tot de verklaring der verschillende toppen afzonderlijk. In het algemeen kunnen wij onze be-

---

1) Marey. La circulation du sang à l'état physiologique et dans les maladies. 1881, p. 96.

2) De opgaven van Volkmann, Landois, Edgren en Thurston zijn geciteerd naar Tigerstedt. Lehrbuch der Physiologie des Kreislaufes. 1893, S. 127 folg.

3) F. C. Donders. De rhythmus der hartstonen. Nederl. Arch. v. Genees- en Natuurk. 1866, Dl. 2, p. 139.

4) Het registreeren der hartstonen. T. a. p.

schouwingen baseeren op de aanwezigheid van een contractiegolf, die voortschrijdt van de hartbasis naar de hartpunt. Een dergelijke golf moet eerst in de voorkamers aanwezig zijn, om zich vervolgens in de kamers te vertoonen. Reeds de voorkamergolf op zich zelf veroorzaakt een voortschrijdende negativiteit, die uitgaat van de hartbasis (P) en gericht is naar de punt (Q). Daarna komt de golf in de kamers en begint volgens Bayliss en Starling[1]) ook hier bij de basis, schrijdt voort naar de punt doch bezit in de basis zelve een zoodanig langen duur, dat zij daar nog aanwezig is, wanneer zij in de punt reeds heeft opgehouden te bestaan. Zoo worden de toppen R en T gevormd. Top S verdient nog een nadere bespreking. Hij laat zich wellicht verklaren uit het verschil, dat er tusschen de rechter en de veel krachtiger, den eigenlijken apex vormende linker kamer bestaat. Wanneer de beide hartehelften gelijkelijk in haar functie worden veranderd, zal het electrocardiogram in al zijn deelen ook gelijkelijk worden gewijzigd, doch wanneer de werking der linker hartspier wegens de eene of andere oorzaak meer wordt versterkt dan die der rechter, moeten sommige toppen van het electrocardiogram meer dan andere worden vergroot. Wij hebben allen grond om te verwachten, dat bij een grootere polsfrequentie tengevolge van lichaamsbeweging de contracties der linker kamer 't meest in kracht zijn toegenomen, en hiermede in overeenstemming zien wij bij grootere polsfrequentie top S regelmatig grooter worden en daarbij meer toenemen dan de andere toppen van het electrocardiogram.

Ook de verandering in lichaamshouding leert iets bijzonders van dezen top. Legt men zich horizontaal neder en wentelt men zich van de rechter zijde op de linker, dan wor-

1) T. a. p.

den bij stroomafleiding van de beide handen alle toppen van het electrocardiogram — vooral de toppen *P* en *Q* — kleiner met uitzondering van top *S*.

Dit laat zich verklaren door aan te nemen, dat het hart in den thorax een geringe verplaatsing ondergaat, zoodat de as van het hart bij ligging op de linkerzijde zich meer in de richting van de lichaamsas stelt dan bij ligging op de rechter zijde.

De schommelingen in potentiaalverschil tusschen linker- en rechter hand, die afhankelijk zijn van die tusschen punt en basis van het hart, vooral de schommelingen die door de voorkamersystole worden teweeg gebracht, moeten hierbij afnemen, terwijl de schommelingen, die door het verschil in rechter- en linker hart veroorzaakt worden, moeten toenemen. Wel zou men bij een oppervlakkige beschouwing kunnen meenen, dat bij een ligging op de linker zijde, de vrij hangende punt van het hart juist meer naar links moest worden verplaatst dan de basis, maar wij merken hiertegenover op, dat men rekening dient te houden met den eigen vorm en den bepaalden stand, dien het hart in systole aanneemt en dat het zeker niet gemakkelijk is, om zonder directe waarnemingen dien stand te voorspellen, wanneer alleen de verhoudingen in diastole en dan nog zelfs — zooals bij horizontale ligging op een der zijden het geval is — onvolledig bekend zijn.

Invloed der plaatsen, van welke de stroom wordt afgeleid en de herkenning van liggingsafwijkingen van het hart.

Waller merkte reeds op, dat men met behulp van het electrocardiogram in een bepaald geval in staat is een liggingsafwijking van het hart te leeren kennen. Bij situs in-

versus viscerum toch zijn in tegenstelling met het normale verschijnsel de schommelingen in potentiaalverschil groot, wanneer de stroom wordt afgeleid van den mond en den rechter arm, klein, wanneer de afleiding van den mond en den linker arm geschiedt.

Dit is in overeenstemming met de theorie, dat het geheele lichaam bij iederen hartslag in twee deelen wordt verdeeld door een vlak, dat loodrecht door het midden van de as van het hart gaat. Het eene deel, waarin de punt van het hart gelegen is, neemt de potentiaal van die punt, het andere deel de potentiaal van de basis van het hart aan. Uit diezelfde theorie leiden wij af, dat ook kleinere liggingsafwijkingen, ja zelfs de normale verschillen in de ligging van het hart met behulp van het electrocardiogram kunnen worden ontdekt.

Vergelijken wij eenige in hoofdstuk VI, tabel 40 nader beschreven electrocardiogrammen die bij stroomafleiding van verschillende lichaamsdeelen zijn geregistreerd, bijv. het electrocardiogram van v. d. W., verkregen bij afleiding van apex cordis en rechter scapula, met het voorgaande, waarbij de stroomafleiding van apex cordis en rechter hand heeft plaats gehad.

De voornaamste top *R* is bij beide combinaties even groot, 1,9 millidaniell. Daarentegen is bij d. L. de zaak anders gesteld. Bij de combinatie: punt van het hart en rechter hand is top *R* van het electrocardiogram bijna tweemaal zoo groot, 1,75 millidaniell, als bij de combinatie: punt van het hart en rechter schouderblad. Wij kunnen hieruit wel afleiden, dat bij v. d. W. de as van het hart meer van achteren naar voren gericht is dan bij d. L.

Vergelijken wij v. d. W. met Bm., dan zien wij, dat bij den eerste een sterkere schommeling in potentiaalverschil voor den dag komt, wanneer de stroom wordt afgeleid van

de beide handen dan wanneer de electroden aan de rechter hand en een der voeten worden aangelegd.

Bij B m. is het juist omgekeerd en de verschillen tusschen deze twee personen zijn in dat opzicht opvallend groot.

Zij kunnen, naar het ons toeschijnt, wel niet anders worden verklaard, dan door aan te nemen, dat bij B m. de as van het hart meer van boven naar beneden en minder van rechts naar links gericht is dan bij v. d. W.

De algemeene vorm van het electrocardiogram is gebleken zeer constant te zijn.

Noch verschillende polsfrequenties, noch verschil in houding, noch verschil in het aanleggen der electroden brengt daarin eenige principieele wijziging.

Wel kan er van gunstige en ongunstige combinaties worden gesproken, maar ook bij de ongunstigste combinaties blijkt het electrocardiogram, hoewel de schommelingen in potentiaalverschil aanzienlijk zijn verkleind, ongeveer dezelfde typische gedaante te bezitten als bij de gunstigste combinaties. Bovendien bleken de electrocardiogrammen van alle door ons onderzochte personen, 17 in getal, in hoofdzaak met elkaar overeen te komen, terwijl een pathologisch geval een groote afwijking vertoonde.

Het lijdt dus geen twijfel, dat wij in het electrocardiogram een hoog te waardeeren middel bezitten ter beoordeeling van de hartswerking.

Met groote waarschijnlijkheid kunnen wij a priori besluiten, dat de hartsactie versterkt is, wanneer de electromotorische schommeling is vergroot. De voorkamercontractie zal zich daarbij van de kamercontractie kunnen onderscheiden, hetgeen van groote beteekenis kan worden geacht voor de onderkenning van sommige hartziekten, in het bijzonder van stenosen der klapvliezen.

Ook den duur der voorkamer- en der kamersystole kan men uit het electrocardiogram leeren kennen. Bij stenosen der valvulae semilunares bijv. zal de verlenging van den duur der kamersystole haar invloed op den vorm van het electrocardiogram moeten doen gelden.

Doch eerst het onderzoek van de zieke harten zelve zal over deze en dergelijke hypothesen het ware licht kunnen verspreiden.

Wij weiden hierover niet verder uit, daar wij ons in dit proefschrift tot het onderzoek van het *normale* electrocardiogram hebben bepaald.

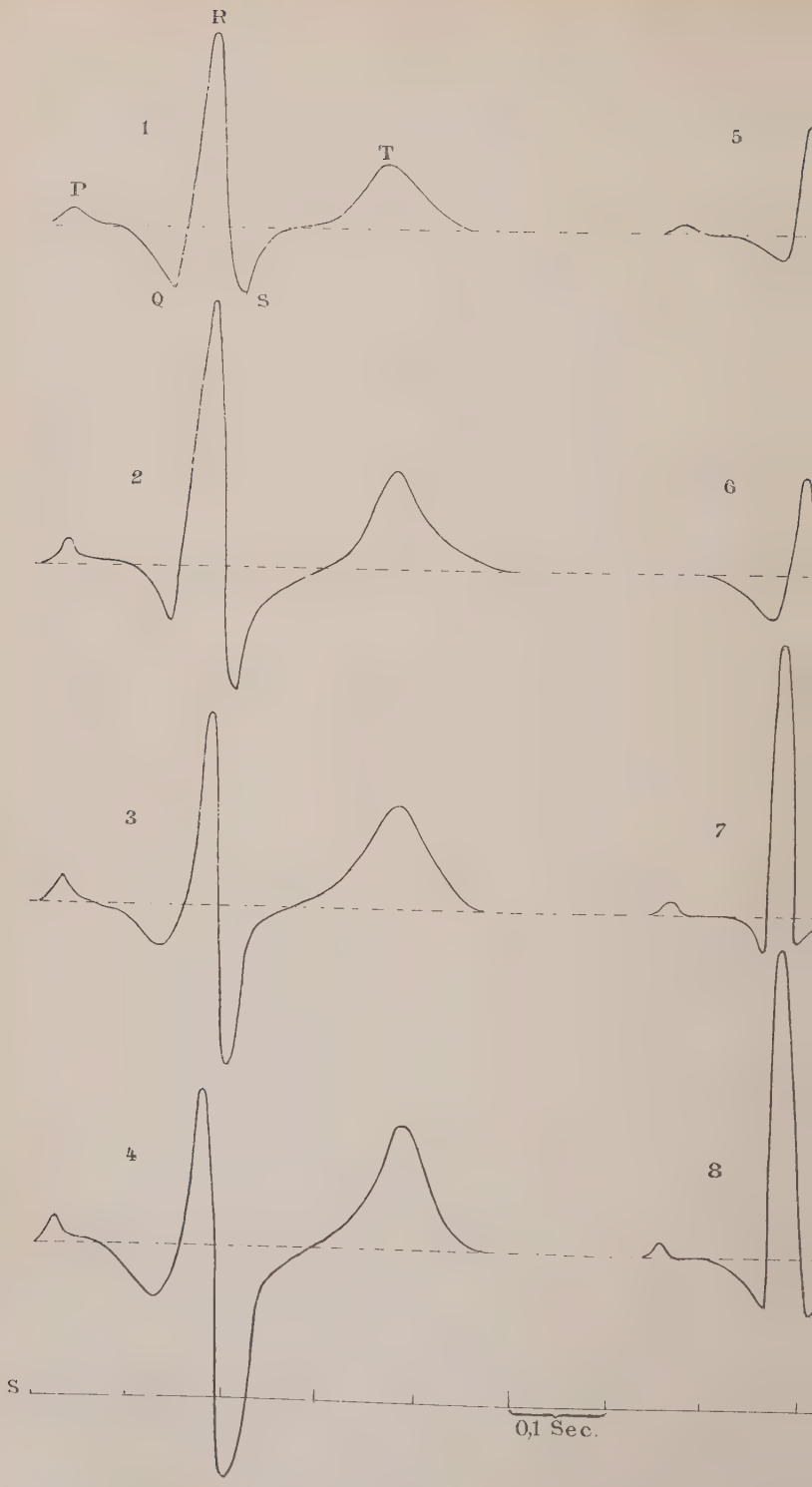
BIJ DE PLATEN.

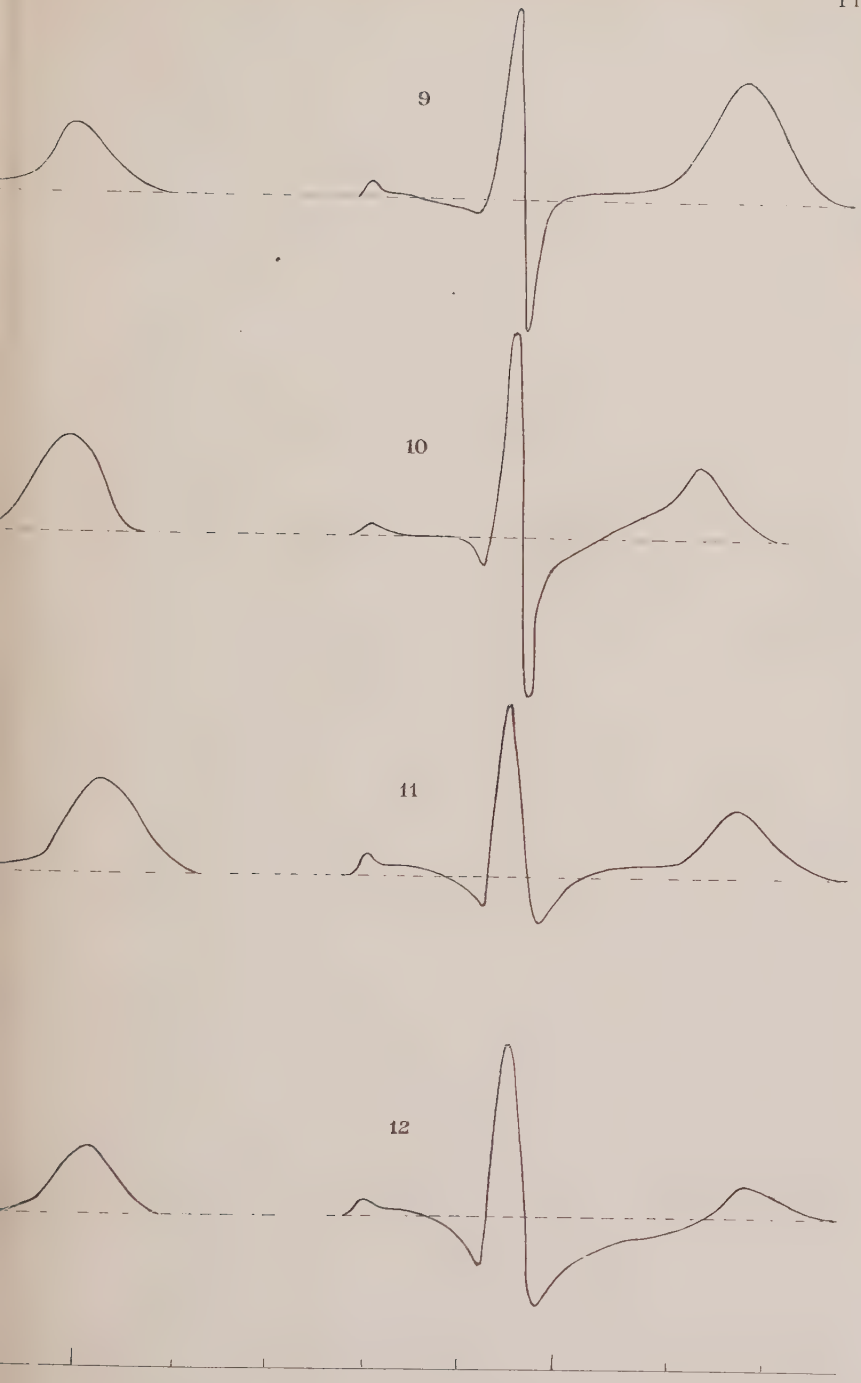
Plaat I. Photographische reproductie in natuurlijke grootte van een aantal electrocardiogrammen, die alle geregistreerd werden met behulp van capill. G. 116. Het beeld der capillaire buis werd bij 800-voudige vergrooting geprojecteerd, terwijl de gevoelige plaat zich met een snelheid van 25 mm in de sec. voortbewoog.

Onder de electrocardiogrammen zijn de stemvorktoppen duidelijk zichtbaar; de stemvork maakte 50 geheele trillingen in de seconde. Op ieder photogram met uitzondering van n⁰. 1 ziet men een dunne, verticale, donkere lijn; deze is het beeld der spleet, dat telkens bij stilstaanden chassis werd verkregen.

De zwavelzuurpool van den capillair-electrometer was verbonden met den borstwand in de streek van den apex codis en de kwikpool met den rechter arm. De twaalf electrocardiogrammen behooren aan zes verschillende personen, die allen eerst in den toestand van rust — zie de oneven nummers — en vervolgens onmiddellijk na het verrichten van krachtige lichaamsbeweging — zie de even nummers — werden onderzocht. De bij ieder der onderzochte personen behoorende photogrammen zijn met opeenvolgende cijfers genummerd. Voor nadere bijzonderheden zie den tekst, hoofdstuk III en IV.

Plaat II. Geconstrueerde electrocardiogrammen, waarbij een ordinaatlengte van 10 millidaniell aan een abscislengte van 1 seconde is gelijk gemaakt. De gegevens voor de constructie zijn ontleend aan de direct geregistreerde electrocardiogrammen van plaat I. De twaalf nummers van plaat I correspondeeren met de twaalf figuren van plaat II. Zie den tekst, hoofdstuk III en IV.


R
1
T
5
P
Q
S
2
6
3
7
4
8
S
0,1 Sec.


9
10
11
12

STELLINGEN.

STELLINGEN.

I.

Het electrocardiogram is als middel ter beoordeeling der hartswerking veel betrouwbaarder dan het gewone mechanische cardiogram.

II.

In het menschelijk electrocardiogram zijn de gevolgen der voorkamersystole scherp van die der kamersystole gescheiden.

III.

J. R. Ewald beweert ten onrechte dat labyrinthlooze duiven kunnen hooren.

IV.

Het ligamentum rotundum uteri bevat in embryonalen toestand een lumen.

V.

Van de theorieën over het ontstaan der hersenwindingen is die van Jelgersma de aannemelijkste.

VI.

Ten onrechte beweert Ribbert, dat bij de ontwikkeling van carcinoom het bindweefsel primair prolifereert.

VII.

Carcinomen en sarcomen danken hun ontstaan aan infectie.

VIII.

Bij primaire anaemia gravis verdient de toediening van rauw beenderenmerg aanbeveling.

IX.

De lijst der maximaaldoses uit de editio tertia der Pharmacopea Neerlandica eischt dringend herziening.

X.

De toediening per os van chloroform bij ulcus ventriculi acutum is rationeel.

XI.

De bedekking van het grootste gedeelte van het lichaam met zalf is niet zonder gevaar en worde bij oude menschen nimmer toegepast.

XII.

Airol verdient als poedervormig antisepticum de voorkeur boven jodoform.

XIII.

Van de methoden ter behandeling van urethritis gonorrhoïca is die van Janet de beste.

XIV.

De onderbinding van de vena saphena major ter behandeling van varices en ulcera varicosa der onderste extremiteit verrichte men zoo dicht mogelijk bij de fovea ovalis.

XV.

Bij vermeerderde bloeding uit de genitalia eener vrouw, wier leeftijd de intrede van het climacterium doet verwachten, onderwerpe men de mucosa uteri aan een microscopisch onderzoek.

XVI.

Bij het verwekken van partus praematurus door middel van een glycerine-injectie brenge men de vloeistof niet verder dan in het cervicaalkanaal.

XVII.

In de private praktijk verdient bij acute anaemie, door verbloeding ontstaan, de enteroclyse met keukenzoutoplossing de voorkeur boven de hypo-dermatoclyse.

XVIII.

Men reponeere een uitgezakte navelstreng alleen dan, wanneer de partus niet spoedig getermineerd kan worden.

XIX.

Murias eucaini is in alle opzichten te verkiezen boven murias cocaini.

XX.

Een hooge graad van myopie is een indicatie voor lensextractie.

XXI.

Het verkoopen van brillenglazen zonder voorschrift van den medicus moest bij de wet verboden worden.

XXII.

De medicus steune den strijd tegen het alcoholmisbruik.

XXIII.

Emmerich beweert ten onrechte, dat de ziekteverschijnselen van cholera asiatica door nitrietvergiftiging worden veroorzaakt.

XXIV.

Het is wenschelijk, dat van gemeente- of staatswege schoolartsen worden aangesteld.

XXV.

Het wielrijden is een der gezondste lichaamsbewegingen.